



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI ODSTRAŇOVÁNÍ PESTICIDŮ
NA REKONSTRUOVANÉ ÚPRAVNĚ VODY**

EVALUATION OF EFFECTIVENESS REMOVING PESTICIDES OF RECONSTRUCTED WATER
TREATMENT PLANT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kristýna Kovačiková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Renata Biela, Ph.D.

BRNO 2018

ZADÁNÍ VŠKP

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vyhodnocením účinnosti odstraňování pesticidů na rekonstruované úpravně vody. V úvodu je provedena rešerše zaměřená na pesticidy, jejich přísun do zdrojů pitné vody a možnosti jejich odstranění vodárenskými procesy. V rámci diplomové práce je také posouzena účinnost vodárenských procesů konkrétní úpravny vody na odstraňování pesticidních látek, které se vyskytují ve zdroji dané úpravně. Je dále popsána technologie úpravně vody před a po rekonstrukci, jsou tabulkově a graficky zpracovány naměřené hodnoty pesticidů ve zdroji úpravně vody a na výstupu z ní. Závěrem je posouzena účinnost nové technologie na odstranění vybraných pesticidních látek a jejich metabolitů.

KLÍČOVÁ SLOVA

úprava vody, úpravna vody, pesticidy, pitná voda, polutanty, znečištění

ABSTRACT

Diploma thesis deals with assessing of effectiveness removing pesticides of reconstructed water treatment plant. In the introduction is made a short research focused on pesticides, their getting into sources of drinking water and possibilities their removing by water supply processes. As part of this work are assessed effectiveness of this processes for removing pesticidal substances on specific water treatment plant and its sources of drinking water. Is made description of technology water treatment plant before and after the reconstruction, measured data of concentration pesticides in the sources and in the output from water treatment plant is processed to the tables and to the graphs. In conclusion are assessed effectiveness of the new technology for removing selected pesticidal substances and their metabolites.

KEYWORDS

water treatment plant, water treatment, pesticides, drinking water, pollutants, pollution

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

KOVAČÍKOVÁ, Kristýna. *Vyhodnocení účinnosti odstraňování pesticidů na rekonstruované úpravně vody*. Brno, 2017. 88 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis autora

Bc. Kristýna Kovačiková

PODĚKOVÁNÍ

Přednostně bych chtěla poděkovat své vedoucí diplomové práce Ing Renatě Biele, Ph.D. za odborné rady, připomínky a trpělivost. Dále Vodárenské akciové společnosti, a.s., konkrétně paní Ing. Jedličkové za podklady, odborné rady a ochotu. Také své rodině a nejbližším za morální podporu.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY VE ZDROJÍCH PITNÉ VODY	5
3	PESTICIDY (BIOCIDY).....	9
3.1	INSEKTICIDY.....	12
3.2	FUNGICIDY	13
3.3	HERBICIDY	14
3.4	ZOOCIDY	15
3.5	REGULÁTORY RŮSTU, STIMULANTY A INHIBITORY	16
3.6	METABOLITY PESTICIDŮ	16
4	TECHNOLOGIE ODSTRANĚNÍ PESTICIDŮ Z VODY	18
4.1	FILTRACE NA AKTIVNÍM UHLÍ.....	20
4.2	NANOFILTRACE	21
4.3	REVERZNÍ OSMÓZA.....	21
4.4	POKROČILÉ OXIDAČNÍ PROCESY.....	24
5	KONKRÉTNÍ ÚPRAVNA VODY S PESTICIDY VE ZDROJI	27
5.1	PŮVODNÍ TECHNOLOGIE A REKONSTRUKCE ÚV	27
5.2	MĚŘENÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK.....	29
5.3	PESTICIDNÍ LÁTKY CELKEM	29
5.4	VYBRANÉ NAMĚŘENÉ PESTICIDNÍ LÁTKY	33
5.4.1	Chlortoluron.....	37
5.4.2	Isoproturon.....	39
5.4.3	Terbuthylazin	40
5.4.4	Metolachlor ESA a metolachlor OA.....	42
5.4.5	Acetochlor ESA	46
5.4.6	Alachlor ESA a alachlor OA.....	49
5.4.7	Metazachlor ESA a metazachlor OA	51
5.4.8	Atrazine (skupina -hydroxy)	58
5.5	VYBRANÉ NENAMĚŘENÉ PESTICIDNÍ LÁTKY	59
5.6	VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI ODSTRAŇOVÁNÍ PESTICIDŮ	60
6	ZÁVĚR.....	69

7	POUŽITÁ LITERATURA.....	70
	SEZNAM TABULEK	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	80
	SUMMARY	82

1 ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá globálním problémem dnešní doby a tou jsou znečišťující organické látky, konkrétně pesticidy. Předmětem práce je objasnit příčiny kontaminace zdrojů pitné vody a vyhodnocení účinnosti jejich odstraňování na konkrétní úpravě vody před distribucí k odběratelům.

Mezi antropogenní, tedy uměle vytvořené látky člověkem, které jsou významným faktorem znečištění povrchových a podzemních vod, patří například některé fenoly, karcinogeny, pesticidy, tenzidy nebo některé chlorované látky. Velká většina z nich byla vytvářena a stále tvořena z důvodů potřeby v jiných odvětvích lidské výroby a do zdrojů vod a toků se tyto látky dostávaly neúmyslně a u části z nich se nevědělo o jejich toxických nebo závadných vlastnostech.

Konkrétně pesticidy se používaly účelově pro jejich vynikající vlastnosti a rezistenci vůči konkrétním podmínkám. Problémem však není jejich extrémní škodlivost, tedy alespoň u většiny z nich, ale jejich ukládání a akumulace v rostlinách a sekundárně v živočiších, což má za následek zdraví škodlivé účinky při jejich konzumaci z dlouhodobého hlediska.

Poslední desetiletí vedly k obrovskému nárůstu průmyslové výroby a zvětšení potřeby zemědělské výroby. Tyto a mnoho dalších faktorů, jako například znečištění ovzduší, zvětšení počtu zastavěných ploch, snížení vydatnosti zdrojů a průtoků toků, rozšiřování zemědělských oblastí a mnoho dalších, způsobily v některých oblastech snížení úrodnosti půd nebo naopak potřebu neúrodné půdy zúrodnit. S potřebami obyvatelstva to ale nebylo možné realizovat v rychlém a efektivním tempu, proto bylo potřeba přistoupit na řešení, které zahrnovalo chemický zásah umělými sloučeninami.

Dá se říci, že zúrodnování půdy chemickými sloučeninami začalo již na začátku století, ale v největší míře se tento trend celosvětově rozmohl až v polovině 20. století. Tehdy začala vlna ochrany proti parazitickým organismům a regulace růstu pomocí chemických sloučenin, u kterých nebyly vždy zjišťovány dlouhodobé účinky a které nebyly prokazatelně zdraví nezávadné. Jak bylo zmíněno, tyto látky se používaly pro své schopnosti, jako byla odolnost, dlouhodobá biologická rozložitelnost, schopnost likvidovat nebo odpuzovat jisté typy organismů, pomáhat růstu nebo například schopnost geneticky plodiny modifikovat.

V dnešní době jsou zdroje pesticidních látek regulovány a kontrolovány. Existují však prvotní kontaminace, například splachy z půd nebo transport srážkami, a také kontaminace druhotná. Ta může být i nebezpečnější a daleko toxičtější než ta prvotní. Důvodem je, že může jít o látky, které se již nepoužívají nebo mohou být naakumulovány v daleko větším množství, než je únosné. K druhotné kontaminaci může dojít například stratifikací dnových sedimentů, kde může být koncentrace pesticidních látek vyšší než ve svrchnějších vrstvách toků nebo nádrží. Další možností může být například infiltrace půdou při povodňových stavech, kdy se infiltruje povrchová voda mnohem hlouběji, než při běžných srážkách. Havárie, vypouštění z průmyslových závodů, nekontrolované hnojení nebo také zpětné navrácení do oběhu metabolickými látkami v odpadních vodách, to vše jsou zdroje těchto látek ve vodách.

Riziko a potřeba jejich kontroly je již natolik vysoká, že je nutné s nimi počítat hlavně při úpravě vody na pitnou. Zamezí se jednak částečně jejich koloběhu, ale také se sníží jejich množství, které běžný odběratel přijme.

2 ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY VE ZDROJÍCH PITNÉ VODY

Obecně se dá říci, že organické látky ve vodním prostředí se můžou vyskytovat ve své přirozené formě nebo jde o látky antropogenního původu. Mezi přirozené znečištění můžeme řadit například výluhy z půd a sedimentů, zde patří například humus, výluhy z rostlin a jejich organických zbytků, nebo také produkty organismů mimo člověka. Ty patří mezi antropogenní zdroje znečištění, jejichž největšími zdroji jsou splaškové, průmyslové zdroje a látky uměle vytvořené pro jiné činnosti člověka, například zemědělství, umělá krmiva apod. [1] [2]

Jak bylo zmíněno v úvodu, látky organické mohou být rezistentní a těžko odbouratelné, většina ale pochází z přírodních zdrojů a některé látky antropogenní mohou být biochemicky odbouratelné. Ty zpravidla v úpravárenských prosech nezpůsobují problémy při jejich odstraňování na rozdíl od látek těžko rozložitelných. Tyto látky nejen ovlivňují vlastnosti vody, ale především nemusí být běžnými úpravárenskými ani čistícími procesy odstraněné a ve zdrojích pitné vody se takto mohou kumulovat v stále rostoucích koncentracích. [1]

Tento problém je závažný hlavně kvůli vlivu na jakost vody a tedy i vlivu na zdraví spotřebitelů a obecně ekosystému. Některé z organických látek mohou být látky obzvláště nebezpečné, například karcinogenní látky, látky schopné desorbovat toxické kovy ze sedimentů atd. Jiné jsou schopny znehodnocovat kvalitu vody z hlediska organoleptických vlastností. Barva, zákal, chuť a pach vody jsou pro uživatele podstatné parametry, které je nutné při úpravě na pitnou vodu dodržet, což při větších koncentracích některých látek působí problémy. Pro floru a faunu jsou problematické další vlastnosti, jako například pěnivost, kterou můžou způsobit například tenzidy, nebo ropné a olejové látky, které způsobí neprodyšný film na hladině a tím destabilizují biotop. [2]

V rámci této práce se zaměřím hlavně na látky antropogenního původu a jejich vliv na zdraví a problematiku technologie odstraňování ze zdrojů vod. Práce je zaměřená především na pesticidy (biocidy) a jejich vlastnosti. V úvodu práce bylo zmíněno, že tyto látky se dostávají do zdrojů vod ze zemědělské činnosti, ale neměli bychom zapomínat na neméně závažné zdroje znečištění.

Dle Crittendera a jeho zdroje EPA (tj. vládní organizace Agentura pro ochranu životního prostředí) pouze v USA existuje 70 tisíc průmyslově vyráběných chemikálií, z nichž 3300 jsou vyráběny nebo produkovány velkoobjemově a jsou v tomto počtu také hojně zastoupeny látky těžko rozložitelné a zdraví škodlivé. Jako hlavní zdroje znečištění podzemních vod uvádí průsaky ze skládek, úniky ze septiků a kanalizací, průmyslové znečištění, produkty zemědělské činnosti, ale také odhaluje problematiku tzv. „slaného vniknutí“. Tím jsou myšleny soli a látky antropogenního původu navázané na tyto soli, které se do půd a sladkých vod dostávají právě průsaky z vod mořských. Pro stojaté vody jsou obrovským problémem právě sedimenty, které škodlivé látky dostávají do oběhu vlnosy, pro řeky jsou to hlavně patogeny a mikroorganismy, které mohou vznikat díky podmínkám, které způsobují organické látky. Podle Crittendera byly například polychlorované bifenylly (dále jen PCB), což byly látky používané právě v zemědělství jako silné pesticidy, nalezeny

v nezanedbatelných koncentracích také ve vysokohorských jezerech, kam se dostali atmosférickou kontaminací. [3]

Příklad přírodně vznikajících organických látek jsou halogeny a jejich deriváty, které vznikají díky enzymům, které jsou schopny je syntetizovat. V tomto případě je ale jejich přírodní vznik vůči antropogennímu v tak malém poměru, že se prakticky nepředpokládá jejich přírodní zdroj znečištění. Z drtivé většiny jde totiž o látky užívané a produkováné člověkem, například ve strojírenském průmyslu, při výrobě pesticidů, v chemickém průmyslu a v komunální odpadní vodě. Mezi ně patří chlorfenoly, některé pesticidy, chlormethany aj. Nejvíce problematické jsou však halogeny chloru a jeho deriváty. [2]

Především z průmyslového znečištění se vyskytují ve vodách fenoly a polyfenoly. Přírodně vznikají tyto látky v orgánech rostlin a dřevin, do vod se dostávají tlením těl rostlin nebo biosyntetickými procesy. Umělým transportem se dostávají do vod hlavně při zpracování uhlí a koksu, hlavně jednosytné fenoly, nebo z plynárenských zařízení, kde je hlavní výskyt vícesytných fenolů, tj. polyfenolů. Obecně lze říci, že jejich koncentrace u průmyslově znečištěných vod vzrůstá v období vodního květu. Ten je naopak způsoben látkami obsahující fosfor, které jsou živinami pro mnoho mikroorganismů, hlavně sinic. Sinice právě způsobují zelené zbarvení hladin stojatých vod, čemuž se říká právě vodní květ. Během tohoto období fenoly na sebe vážou chlor a vznikají nepříjemně zapáchající chlorfenoly. To se u přírodně znečištěných vod neděje, proto je tento zápach indikátor znečištění nepřirozeného rázu. Obecně lze říci, že fenoly nejsou příliš toxické, jejich výskyt však působí i v nižších koncentracích, než je škodlivá hranice, na chuť rybího masa a právě chlorfenoly způsobují problém při úpravě pitné vody především kvůli zápachu. [1] [2]

Další produkt živočišné produkce jsou huminové látky. Ty vznikají biologickým rozkladem rostlinných a živočišných těl za vzniku humusu. Z antropogenních zdrojů znečištění jsou to například biologické čistírny odpadních vod, kde spolu s hydrofilními kyselinami dominují. Dle rozpustnosti v ethanolu se můžeme setkat s rozdělením na huminy, huminové kyseliny a fulvokyseliny. Z hygienického hlediska jsou málo závadné a toxicita je při koncentracích více než desetkrát vyšších, než je povolená koncentrace pro povrchové vody (2-8 mg/l, toxicita v pitné vodě při cca 100 mg/l), ale mohou být zdroji pro vznik toxického trihalogenmethanu (THM). Problematika výskytu těchto látek ve zdrojích pitných vod, tj. především ve vodách povrchových, je opět v organoleptických vlastnostech. Huminové látky způsobují totiž zbarvení vody. Nerozpustitelné černé huminy nejsou z úpravárenského hlediska významné, ale tmavě hnědé huminové kyseliny a žluté až žlutohnědé fulvokyseliny jsou právě kvůli svému zbarvení nežádoucí. Některé nízkomolekulární formy nelze z vod účinně odstranit běžnou koagulací, proto pro úpravu pitné vody nejsou vhodné. [1] [2]

Tenzidy, neboli povrchově aktivní látky (PAL), jsou látky, které jsou schopny již při velmi nízkých koncentracích se navzájem adsorbovat a tvořit řetězce. Můžeme se setkat také s výrazem detergenty, což jsou tenzidy s pracími a čistícími účinky. Ty jsou způsobeny aktivačními přísadami a přidanými látkami. Biotenzidy, tedy přírodně vznikající tenzidy, jsou produkovány bakteriemi, houbami a kvasinkami. Nicméně ve vodách se vyskytují tenzidy převážně díky lidskému faktoru. Dostávají se do vod a půdy hlavně díky komunálním odpadním vodám a vodám z průmyslu, které obsahují prací prostředky, mýdla a barviva, ale

také čisté tenzidy se ve vyšších koncentracích objevují v odpadních vodách z cukrovarnického průmyslu. Drtivou část tenzidů tvoří aniontové tenzidy (až 80%), dále to jsou kationtové, amfolytické (kationtové i aniontové dle pH prostředí) a neutrální tenzidy. Některé působí toxicky i při nízkých koncentracích, ale z vodohospodářského hlediska jsou problematické hlavně vznikem vedlejších produktů při rozkladu, pěnivosti, která způsobuje problémy při mechanickém a biologickém čištění odpadních vod, a napomáhá eutrofizaci vod (tj. vznik vodního květu, viz výše). Eutrofizaci pomáhají tenzidy s obsahem fosforečnanů, polyfosforečnanů a dusíkatých látek, které jsou hlavním zdrojem živin sinic. [1] [2]

Nejvyskytovanějšími látkami v přírodě jsou uhlovodíky, jejichž hlavním zdrojem jsou produkty získávané z ropy, tj. benzín, petrolej, mazut, motorová nafta, topné a mazací oleje nebo asfalt, běžně označovány jako ropné látky. Produkty při průmyslovém zpracování mohou ale také být různá rozpouštědla, zplodiny z hoření těchto látek nebo sloučeniny z různých odvětví chemického průmyslu. Pro ropné látky je specifická rozpustnost závislá na délce řetězce, tj. čím delší řetězec, tím horší rozpustnost. Tedy čím delší řetězec, tím lepší schopnost akumulace v organismech a tím horší dopady na zdraví. Z hlediska biotopu jsou nebezpečné kvůli schopnosti tvořit na hladině film, který nepropouští do vody kyslík, ovlivňuje reakce a biochemický rozklad ve vodách, může zapáchat a je velmi škodlivý pro vodní organismy. Z vodárenského hlediska jsou většinou snadno odstranitelné mechanickými úpravárenskými procesy. [1] [2]

Problém posledních let jsou látky v přírodě se běžně nevyskytující, tedy čistě antropogenního původu. Tyto látky se nazývají xenobiotika a jsou problematickým znečištěním vod. Patří zde přípravky bělící jako pomocná činidla tenzidů, hormony (estrogeny) a látky s hormonální aktivitou, léčiva a farmaka (mj. antibiotika), pesticidy, změkčovadla pro výrobu plastů, látky pro kosmetický průmysl, rozpouštědla a mnoho dalších látek, které jsou běžné v průmyslu, zemědělství, ale i pro běžného spotřebitele. Problematika těchto látek je hlavně v jejich perzistenci, tedy schopnosti akumulovat se, těžko se rozkládat, být stabilní a odolná vůči mnoha vnějším vlivům a tvořit sloučeniny, jejichž účinky nejsou prokázány nebo jejich problematika je zatím neřešená. Mnoho z těchto látek jsou karcinogenní, toxické nebo zdraví škodlivé i v malých koncentracích. Z hlediska úpravárenských procesů není snadné tyto látky úplně odstranit, případně se nedostatečnou úpravou hlavně u malých zdrojů podzemních vod dostávají ke spotřebitelům, a částečně pokračují v oběhu vody. To způsobuje zvýšení jejich koncentrace ve zdrojích vod a organismech. [2] [3]



Obr. 2.1 Eutrofizace vod – vodní květ [4]

Tyto látky spolu s patogenními organismy jsou problém z hlediska vodohospodářského hlavně pro čistírenské odvětví. Kaly s obsahem těchto látek jsou nevhodné pro ukládání v oblastech, které slouží jako zdroje pitné vody. Proto například IAWR (mezinárodní pracovní společenství vodárenských provozů států Porýní, Holandska a států na březích Bodamského jezera) odmítá zemědělské uplatnění kalů ve vybraných oblastech. Takové oblasti jsou například povodí se zdroji pitné vody, citlivé oblasti s mělkým podložím, erozně ohrožené a povodňové oblasti a krasové zóny. [5]

3 PESTICIDY (BIOCIDY)

Dle Vyhlášky č. 83/2014 Sb., kterou se mění Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů se slovem pesticidy rozumí organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, nematocidy, akaricidy, algicidy, rodenticidy, slimicidy, příbuzné produkty (např. regulátory růstu) a jejich relevantní metabolity, rozkladné nebo reakční produkty. Tato vyhláška také stanovuje nejvyšší mezní hodnotu (NMH) pro tyto látky viz tab. 3.1. [6]

Tab. 3.1 Nejvyšší mezní hodnota pro pesticidní látky [6]

číslo ukazatele	ukazatel	symbol	jednotka	limit	typ limitu
46	pesticidní látky	PL	µg/l	0,1	NMH
47	pesticidní látky celkem	PLC	µg/l	0,5	NMH

Legislativně byl pojem „pesticidní látky“ pozměněn naposledy novelou výše uvedenou a to s platností od 29. května 2014. V této novele byl přidán pojem „relevantní metabolity“ a tím se otevřela otázka relevantnosti metabolitů pesticidů. Sdružení oboru vodovodů a kanalizací (SOVAK) tedy vyzvalo Ministerstvo zdravotnictví ke zveřejňování nerelevantních metabolitů pesticidních látek včetně jejich navržených limitních hodnot (doporučené hodnoty). V současné době se tedy pracuje na systému kontroly, monitoringu a uplatňování doporučení pro kontrolu a regulaci pesticidních látek a jejich metabolitů. [7]

Obecně lze říci, že pesticidy jsou velmi početná skupina látek, které se dělí podle biologické účinnosti a podle chemického typu účinné látky. Dělení různých typů těchto přípravků může být dle:

- složení přípravku – chemického (jednoduché, kombinované),
- chemického složení účinných látek (organické, anorganické),
- účinku na organismus (dotykové/kontaktní, systémově působící, aj.),
- molekulového mechanismu účinku (tj. dle procesů, které organismy narušují),
- použití, skupenství (popraškové, rozpustné ve vodě, emulzní...). [1] [2]

Podle výše uvedeného názvosloví dle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví jsou ve veřejně rozšířeném podvědomí pesticidy, neboli biocidy (tj. látky užívané k hubení, popř. omezování růstu organismů), rozdělené dle účinku na jednotlivé druhy organismů. Jde o zoocidy užívané proti vyšším organismům, herbicidy proti rostlinám, fungicidy proti houbám atd. Nyní jednotlivé skupiny představím včetně vybraných zástupců.

Dle WHO (Světová zdravotnická organizace), existují tři základní třídy nebezpečnosti pesticidů, jejichž hranice tvoří toxicita testovaná na laboratorních potkanech a to jak

perorálně, tak perkutánně (aplikace na pokožku). Tyto tři třídy jsou rozděleny do čtyř následujících kategorií:

- 1a – extrémně nebezpečné,
- 1b – vysoce nebezpečné,
- 2 – středně nebezpečné,
- 3 – málo nebezpečné. [8]

Vliv těchto látek je mimo vlastní toxicitu velice rozmanitý. Zdravotní účinky mohou pokrývat celou řadu zdravotních komplikací a působit jako inhibitory rozmanitých onemocnění. Dle MUDr. Šuty mohou pesticidní látky mít schopnost vyvolávat rakovinu, mutace, genetické vady, narušovat nervový, hormonální nebo imunitní systém. Tím pádem škála zdravotních onemocnění je velmi široká a pojme i mnoho civilizačních chorob od cukrovky, mrtvice, infarktu až po Parkinsonovu chorobu. Proto je v posledních letech velmi intenzivní snaha regulovat a omezovat jejich produkci hlavně kvůli vlivu i toxicky zanedbatelných koncentrací v organismech. [8]

Výše bylo zmíněno i dělení dle chemického složení, struktury těchto látek, a to na:

- organofosfáty – typický zástupce insekticidů, který způsobuje poškození nervových tkání produkcí enzymu, který napadá a degraduje neurony živých organismů, působí jako herbicidy díky vázání fosforu na rostliny a dílčím toxickým složkám,
- karbamáty – stejné vlastnosti jako organofosfáty, běžná součást repelentů a sprejů na hubení hmyzu,
- chlororganické sloučeniny – širokospektrální látky dle složení a příměsí,
- pyretroidy – syntetické napodobení látek běžně vylučovaných rostlinami, jsou běžnou součástí insekticidů kvůli toxicitě při vysokých koncentracích a velké problémy způsobují hlavně kvůli neodstranitelnosti na čistírnách odpadních vod i se dvěma separačními stupni,
- fenoly – některé z fenolů se používají jako běžné fungicidy, některé mají baktericidní účinky,
- morfoliny – jsou systémově působící fungicidy, běžná chemikálie pro farmacii a chemický průmysl,
- organokovové sloučeniny – většinou se používají jako fungicidy, ale mohou být složkami i jiných typů pesticidů,
- azoly, aniliny, chlornitryly, aj. [2] [8] [9]

Jednotlivými příklady pesticidních látek se práce bude zabývat jen okrajově, hlavně tedy těmi, které se vyskytují v ČR nejvíce nebo jsou nejvíce nebezpečné. Každý rok přibude několik nových pesticidů na trhu a každoročně přibude několik na seznam zakázaných, případně neschválených, biocidních účinných látek. Jak ukazuje tab. 3.2, v roce 2016 byl zveřejněn další seznam nových látek, které nebyly zákonodárnými orgány Evropské unie schváleny.

Tab. 3.2 Seznam zveřejněných neschválených biocidních látek v posledních letech [10]

Účinná látka - obecný název	Číslo předpisu - Rozhodnutí Komise o neschválení	CAS	ES	Typ přípravku	Datum uveřejnění v Úředním věstníku EU	Platnost rozhodnutí Komise od:	Termín pro ukončení dodávání na trh	Termín pro ukončení používání přípravků
Triklosan	(EU) 2016/110	3380-34-5	222-182-2	1	28.1.2016	17.2.2016	17.2.2017	17.8.2017
Butan-2-on-peroxid	(EU) 2016/108	1338-23-4	215-661-2	1,2	28.1.2016	17.2.2016	17.2.2017	17.8.2017
Cybutryn	(EU) 2016/107	28159-98-0	248-872-3	21	28.1.2016	17.2.2016	17.2.2017	17.8.2017
PHMB (1600, 1.8)	(EU) 2016/109	27083-27-8 a 32289-58-0	není k dispozici	1, 6 a 9	28.1.2016	17.2.2016	17.2.2017	17.8.2017
Triflururon	(EU) 2015/1736	64628-44-0	264-980-3	18	29.9.2015	19.10.2015	19.10.2016	18.4.2017
bis[1-cyklohexyl-1,2- dihydroxydiazoniumato (2-)-O,O']měďnatý komplex	2014/227/EU	312600-89-8		7, 9 a 10	25.4.2014	15.5.2014	16.5.2015	13.11.2015
nonanová kyselina	2014/227/EU	112-05-0	203-931-2	10	26.4.2014	16.5.2014	17.5.2015	14.11.2015
glutaraldehyd	2014/227/EU	111-30-8	203-856-5	1, 13	27.4.2014	17.5.2014	18.5.2015	15.11.2015
oxid stříbrný	2014/227/EU	20667-12-3	243-957-1	11	28.4.2014	18.5.2014	19.5.2015	16.11.2015
4,4-dimethylloxazolidin	2014/227/EU	51200-87-4	257-048-2	6, 12 a 13	29.4.2014	19.5.2014	20.5.2015	17.11.2015
butan-2-on-peroxid	2014/227/EU	1338-23-4	215-661-2	3, 6	30.4.2014	20.5.2014	21.5.2015	18.11.2015
poly(formaldehyd- co - akrylaldehyd)	2014/227/EU	26781-23-7	polymer	3	1.5.2014	21.5.2014	22.5.2015	19.11.2015
chlorid stříbrný	2014/227/EU	7783-90-6	232-033-3	3, 4, 5 a 13	2.5.2014	22.5.2014	23.5.2015	20.11.2015
výtažek z borovice	2014/227/EU	94266-48-5	304-455-9	10	3.5.2014	23.5.2014	24.5.2015	21.11.2015
triklosan	2014/227/EU	3380-34-5	222-182-2	2, 7 a 9	4.5.2014	24.5.2014	25.5.2015	22.11.2015
2-fenoxyethan-1-ol	2014/227/EU	122-99-6	204-589-7	3	5.5.2014	25.5.2014	26.5.2015	23.11.2015

Aplikace pesticidů může být provedena několika způsoby, například:

- postřikem,
- roztokem (vodné, organická rozpouštědla),
- disperze (emulgované nebo dispergované koncentráty),
- aerosoly,
- poprašem,
- granulemi,
- návnadami,
- nebo jsou součástí průmyslových hnojiv. [11]

Způsob aplikace bývá volen dle potřebné dávky (nejčastěji v kg nebo l.ha⁻¹), hnojené rostliny, použitého pesticidu nebo geomorfologických podmínek. V rámci průmyslového hnojení se musí sledovat důležité parametry, například rezidua, toxicita, přípustné denní dávky nebo ochranná lhůta.

Reziduum je maximální koncentrační limit reziduí pesticidů na sklizených plodinách. S tím souvisí také toxicita. Dále se sleduje maximální denní dávka pro určení neškodnosti při celoživotním dávkování hnojiv a pesticidů. Ochrannou lhůtou se rozumí minimální interval mezi posledním ošetřením a sklizní nebo jinou manipulací s rostlinami. [11]

Nejčastější formy aplikace jsou postřikem skrze nádrží s roztoky, pomocí rozprašovacích letadel (viz obr. 3.1) nebo jako přidané látky do vody během zavlažování.



Obr. 3.1 Práškovací letadlo rozptylující pesticidy [12]

3.1 INSEKTICIDY

Insekticidy jsou látky, které jsou zaměřeny na hubení hmyzu nebo roztočů (akaricidy), některé na hubení a zároveň i na odpuzování určitého vývojového stupně. Podle zaměření na jednotlivá vývojová stádia hmyzu je můžeme dělit na čtyři základní druhy:

- imágocidy – ničí konkrétně pouze dospělý hmyz, na jiné stádia nemá požadovaný efekt,
 - larvicidy – zaměřeny na stádium larev,
 - ovicidy – ničí vajíčka,
 - kombinované (např. ovilarvicidy – ničí první dvě stádia hmyzu a to vajíčka i larvy).
- [8] [1]

Tyto látky působí kontaktně i systémově, ve většině případů napadnou jak tělo při kontaktu zvenčí, tak nervovou a cévní soustavu při vdechnutí. Řadí se zde organofosfáty, pyretroidy, karbamáty nebo chlorované uhlovodíky. Patří mezi některé karcinogenní látky, které byly v roce 2015 zařazeny mezi karcinogeny Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny (IARC): malathion, diazion, tetrachlorvinphos a parathion. Patří zde i hormonálně aktivní látky, tj. chlorpyrifos, chlordecon nebo estrogeny napodobující DDT. [13]

DDT je typickým zástupcem organochlorových pesticidů a jeho zkratka je zkrácením chemického vzorce dichlordifenyltrichlorethan. Jeho účinky byly objeveny v roce 1939 a

během druhé světové války byl velmi často používaným pesticidem. Pro savce je to látka středně toxická, pro vodní organizmy ale velmi toxická. Jde o velmi rezistentní látku se stejně rezistentními metabolity (např. DDE nebo DDD), které jsou dodnes v nezanedbatelných koncentracích nacházeny po celém světě. Stále se používá ve vybraných prostředcích a státy tropického podnebného pásu je používají dodnes. Nicméně v ČR bylo použití DDT zakázáno v roce 1974. [2]

Jak bylo zmíněno, DDT je problém pro savce hlavně z dlouhodobého hlediska. Působí podobně jako hormon estrogen a jeho metabolity jsou schopny v nemalé míře ovlivňovat buněčnou skladbu a tím působit degenerativně. [2]

Dalším zástupcem insekticidů je hexachlorbenzen, který je v povědomí veřejnosti. Jde o látku, která se dříve používala i jako mořidlo semen a jeho výroba byla v ČR ukončena v roce 1968, o devět let později byla ukončena i jeho aplikace. Dodnes se ale produkuje v průmyslu jako vedlejší produkt například při výrobě chloru nebo pyrotechniky. Je velmi těkavý, proto jeho transport ovzduším je velmi nebezpečný. Je dalším zástupcem zakázaných karcinogenů, působí na nervovou soustavu, měkké tkáně, dýchací soustavu, ale projevuje se i poškozením kůže nebo plodů těhotných žen. [2]

3.2 FUNGICIDY

Fungicidy jsou látky používané k hubení hub a plísní, které škodí jakýmkoli způsobem rostlinám.

Fungicidy si můžeme rozdělit následovně z chemického hlediska:

- sloučeniny mědi,
- sloučeniny rtuti,
- sloučeniny ostatních těžkých kovů,
- sirné fungicidy,
- antibiotika,
- organické fungicidy,
- systémové fungicidy. [14]

Z chemického hlediska jde tedy hlavně o látky se sloučeninami těžkých kovů, jako jsou měď nebo rtuť, síry nebo některé druhy antibiotik. Většinou tyto pesticidy mají vícero užití, například kromě hub působí i antibakteriálně. Jedním z nich byl i kdysi používaný oxid měďný, který je dnes již zakázán. Vysoce toxicky působí například fungicidy s organicky vázanou rtutí – tj. rtuťnaté. Ty jsou vysoce toxické pro teplokrevné živočichy a působí jako plazmatický jed, proto byly postupně vylučovány ze seznamu povolených pesticidních látek. [14]

Dnes se velmi často používají látky s obsahem síry kvůli jejich nerezistentnosti. Dále se můžeme setkat s ftalimidy, nitrily, acylmočoviny, karbamáty. Stejně jako u všech druhů

pesticidů je snaha se vyvarovat rezistentním a odolným látkám. U systémově účinkujících fungicidů se rezistencí nelze úplně vyhnout. [14]

Fungicidy stejně jako ostatní biocidy se vesměs vyznačují vysokou rezidualitou. To je hlavně z praktických důvodů. Některé pesticidy se totiž používají hlavně k ochraně rostlin během zimního období, kde teploty mohou klesnout pod bod mrazu a okolní podmínky jsou nepříznivé jak pro samotnou rostlinu, tak pro pesticid. Naopak v letních obdobích jsou tyto látky pro floru nebezpečnější a stávají se citlivější na okolní prostředí. Například při vyšších vlhkostech a teplotách mají často fungicidní látky sklony stávat se fytotoxické a tím pádem se stává jejich použití až nežádoucí. [14]

3.3 HERBICIDY

Tyto látky jsou určeny k potlačení růstu a hubení plevelu. Při jejich výrobě je vedlejším produktem vždy velmi toxický dioxin, který působí na měkké tkáně a pro člověka může být smrtelný. Ve většině případů jde o látky rezistentní a schopné akumulace hlavně v živých organismech. Jejich použití je bedlivě sledováno a jsou to hlavně herbicidy, u kterých se velmi často projevují i nežádoucí účinky na rostlinách, které nejsou v daném odvětví škodnou. [15] [16]

Herbicidy byly hlavně během války velmi využívanou zbraní, například ve Vietnamu se používaly na místní plodiny některé látky v tak velké míře, že dodnes místní obyvatelé mají koncentrace až třicetkrát vyšší než například běžný obyvatel USA. [16]

Především rezidua a metabolity některých dnes již zakázaných herbicidů jsou velmi nebezpečné hlavně pro savce a obecně živočichy. V jejich tělech působí problémy s imunitou, dermatologické problémy, některé zakázané, jako například fenoxherbicidy, mají i velký vliv na nervový systém a mohou působit degenerativní změny. Tyto vlivy spolu s vlivy na hormonální soustavu a krvetvorbu byly prokázány hlavně u dioxinu, tedy vedlejších produktů herbicidů. [16]

Hlavním problémem při aplikaci herbicidů je fytotoxicita při nadměrném nebo nepřiměřeném použití. Toxická se látka může stát i při kontaktu s jinou látkou, například jiným pesticidem. [17]

Z herbicidních látek se hlavně hojně využívají inhibitory (např. fotosyntézy, syntéz látek, buněčného dělení, metabolických procesů aj.) nebo látky sloužící k omezování růstu nežádoucích látek, plevelů. Použití inhibitorů růstu paradoxně způsobuje růst nejen zemědělské plodiny, ale také plevelu, což vede k použití toxických látek pro hubení těchto nežádoucích rostlin. [17]

Dělení herbicidů dle působení:

- herbicidy kontaktní – poškozují rostlinu na kontaktním místě, tj. v místě kontaktu účinné látky a rostliny, a šíří se v rámci nejbližšího okolí tohoto kontaktu,
- herbicidy translokační (systémové) – poškozují celý systém rostlin rozváděním cévními svazky do všech částí rostliny. [17]

Dle potřeb konkrétní plodiny existují také herbicidy zaměřené na konkrétní část těla rostliny. Listové herbicidy jsou schopny působit a vnikat do těla rostliny výhradně jen přes listy. Naopak existují také kořenové herbicidy, většinou to bývají právě inhibitory, nebo modifikované herbicidy (kombinace listových a kořenových). [17]

Níže na obrázku jsou znázorněny hnojiva obsahující herbicidy a další stimulanty na pokojové a venkovní rostliny. Sice se do zdrojů pitných vod dostanou v minimálním, takřka zanedbatelném množství, nicméně se mohou dostat do oběhu skrze odpadní vodu nebo vsakem do půdy.



Obr. 3.2 Hnojiva s herbicidy [zdroj: vlastní]

3.4 ZOOCIDY

Zoocidy jsou druh pesticidů, které mají za úlohu chránit rostliny (případně jejich plodiny) před živočichy a před poškozením, které mohou tyto živočichové způsobit.

Obecně se dá říci, že samotný zoocid nikdy není samostatně působící látka. Podle pana doktora Davida Denta z Velšské univerzity jde vždy o skupinu látek, kdy jedna či více látek působí jako toxický prvek a další jako přídavné látky, které zvyšují účinnost a dopad celé sloučeniny. V případě zoocidů to mohou být například lákadla pro určitý typ živočichů, látky způsobující perzistenci, inhibitory apod. [18]

Ze skupiny zoocidů byly zmíněny již insekticidy. Existují ale pesticidy zaměřené na různé skupiny živočichů:

- insekticidy (hmyz) – viz kap. 3.1 INSEKTICIDY,
- akaricidy (roztoči),
- nematocidy (hadi),
- moluskocidy (plži, slimáci),
- rodenticidy (hlodavci),
- avicidy (ptáci). [11] [7]

Obecně lze všechny zoocidní látky zařadit do čtyř základních skupin.

- organochlorové látky,
- organofosfátové látky,
- karbamáty,
- pyrethroidy. [18]

Zoocidy mohou být děleny také dle několika typů působení a to na:

- atraktanty, tj. lákající ke zdroji zoocidních látek,
- repelenty, tj. odpuzující látky,
- chemosterilanty zabraňující reprodukci, antifeedanty způsobující nepřijímání potravy aj. [18]

Některé konkrétní pesticidy a jejich metabolity budou ještě popsány v kapitole 5 Vyhodnocení účinnosti konkrétní úpravy při analýze jednotlivých látek.

3.5 REGULÁTORY RŮSTU, STIMULANTY A INHIBITORY

Regulátory růstu můžeme dělit obecně na dvě skupiny dle působení. Inhibitory, které růst zpomalují nebo úplně zastavují, a stimulanty, které naopak vývin a růst podporují. Většinou jde o hormonální látky. Tyto látky se nicméně málokdy podávají samostatně. Většinou bývají právě složkou pesticidu nebo jsou jejich doplňkovou složkou. [18]

Vzhledem k široké škále těchto látek se jimi nebude tato práce zabývat detailněji.

3.6 METABOLITY PESTICIDŮ

Samotné pesticidy z obecnějšího hlediska nejsou tak výrazným problémem z hlediska toxicity a efektu na životní prostředí jako jsou jejich metabolické produkty. Ty mohou vznikat jak v biotickém prostředí (tj. živém), nebo naopak v důsledku abiotických faktorů okolního prostředí. [20]

V biotickém prostředí vznikají metabolity například průchodem metabolismem rostliny, živočicha nebo jen působením mikroorganismů, kdy reakcí mateřské látky s jinými

chemickými látkami vznikají vedlejší látky. Tyto látky mohou být daleko toxičtější a nebezpečnější než právě výchozí látka. To platí i pro metabolity vytvořené abioticky faktory okolního prostředí, jako jsou například sluneční záření, pH, teplota nebo množství kyslíku. [20]

Obecně se dá říci, že čím nižší obsah kyslíku ve vodě a čím nižší teplota vody, tím se většinou pesticid (případně jeho metabolity) stávají více perzistentní a jejich rozklad probíhá velmi pomalu. Naopak biotické reakce způsobují vyšší rozpustnost ve vodě a větší polaritu, což způsobuje schopnost reagovat s kyselinami v organismech a vylučují se neaktivní látky. [20]

4 TECHNOLOGIE ODSTRANĚNÍ PESTICIDŮ Z VODY

Přesto, že problematika pesticidních látek v životním prostředí je v současnosti velmi diskutované a problematické téma, je velký problém tyto látky ve zdrojích vod vysledovat. Jejich výskyt není běžnými laboratorními zkouškami zjištělný a existují stovky definovaných látek, které by se měly sledovat. Prvním problémem obecně tedy je detekce a zjištění problému.

Ministerstvo zdravotnictví v ČR situaci kontroluje a požaduje po provozovatelích preventivní laboratorní zkoušky, které však nemusí zrovna zahrnovat konkrétní látku, která se ve vodě vyskytuje.

Co se týká technologie odstranění, existuje mnoho technologií, jejich účinnost ale nemusí být dostatečná. Například při běžné sedimentaci nebo koagulační filtraci lze některé vázané metabolity odstranit. Zásadní a největší problém způsobují však rozpuštěné pesticidní látky jako produkt metabolických přeměn. V zásadě existují tři hlavní nejúčinnější technologie odstranění těchto látek z hlediska fyzikálně-chemických procesů:

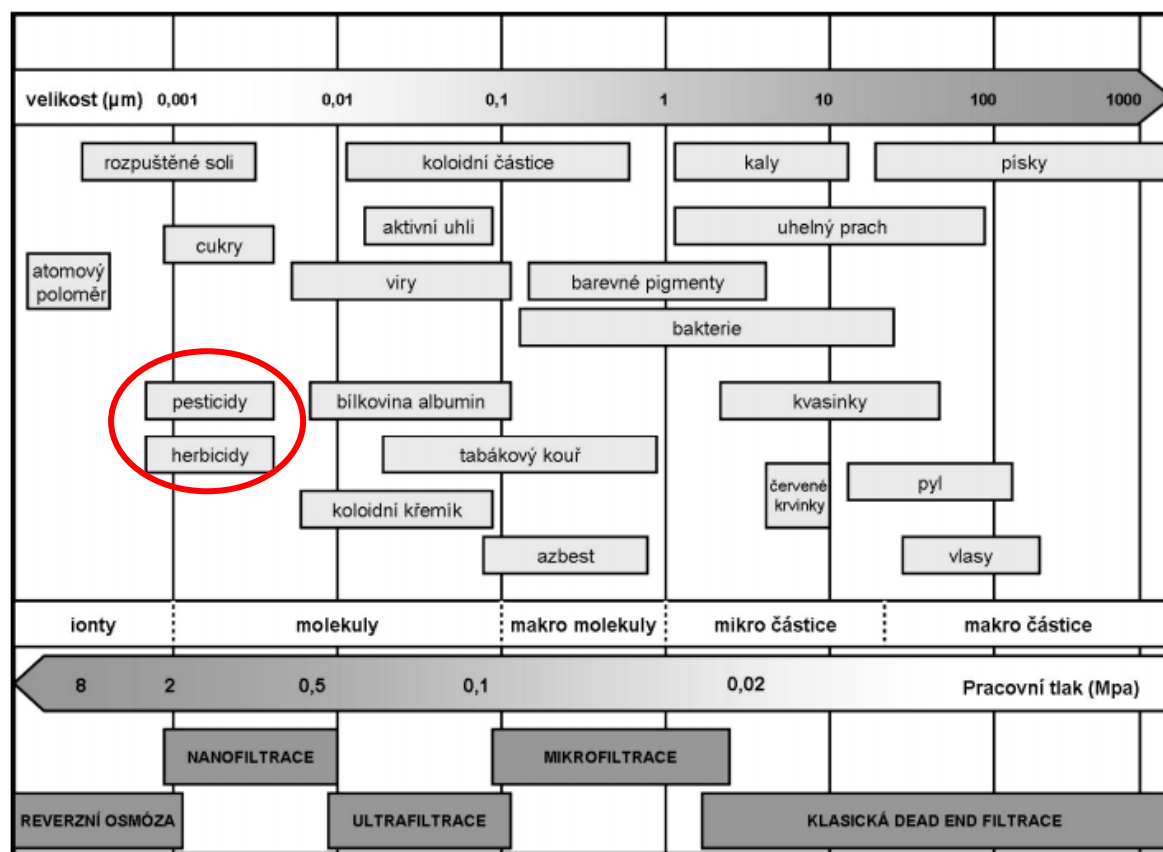
- adsorpce a iontová výměna,
- membránové procesy,
- oxidační a pokročilé oxidační procesy. [3] [21]

Adsorpce a iontová výměna jsou procesy, kdy dojde k transportu rozpuštěné látky z kapaliny na povrch jiné pevné látky. Adsorpce je běžně používaná technologie ve vodním hospodářství pro odstranění hlavně organických látek. Technologickým zástupcem těchto procesů je filtrace pomocí granulovaného aktivního uhlí (GAU). [3]

Adsorpcí i iontovou výměnou lze odstranit například přírodní organické látky, některé anorganické látky jako chloristan, arsen a několik těžkých kovů. Naopak adsorpcí nelze odstranit většinu anorganických látek. Mezi ně patří tvrdost (vápník a hořčík), mangan nebo dusičnany. Tyto látky se musí odstranit iontovou výměnou. [3]

Jako zástupce membránových procesů je nejčastěji používána reverzní osmóza. Lze použít také nanofiltraci, ale ta ve většině případů není schopná plně pokrýt všechny rozpuštěné metabolity a pesticidní látky, viz obr. 4.1. Obě tyto technologie budou dále popsány. [3]

V tabulce 4.1 jsou uvedeny membránové technologie s velikostí pórů jednotlivých membrán dle firmy ASIO, spol. s r.o.



Obr. 4.1 Membránové separační procesy a jejich filtrační spektrum [22]

Tab. 4.1 Procesy dle velikosti membrán [23]

Metoda	Velikost pórů	Zadržuje	Nahrazuje technologii
Ultrafiltrace	3-50 nm	Makromolekuly, organické látky (viry, bakterie), koloidní látky	Písková filtrace, koagulace, sedimentace
Nanofiltrace	1-3nm	Vícemocné ionty, rozpuštěné organické látky (pesticidy, vedlejší produkty dezinfekce)	Standartní metody změkčení vody (ionexy, vápno-soda)
Reverzní osmóza	0,1-1nm	Jednomocné ionty, veškeré rozpuštěné látky	Destilace

Oxidační procesy v tomto případě nejsou optimálním řešením, v praxi se uplatňují spíše oxidační procesy pokročilé. Mezi oxidační procesy patří například oxidace ozonem nebo peroxidem vodíku. Pokročilé oxidační procesy jsou zpravidla kombinací účinku ozonu a peroxidu vodíku nebo UV záření. [21]

Tyto technologie jsou ovšem finančně náročné a v praxi se častěji používá z tohoto důvodů adsorpce na aktivním uhlí. [21]

4.1 FILTRACE NA AKTIVNÍM UHLÍ

Filtrace vody aktivním uhlím z vody odstraní většinu látek organického a některé látky anorganického původu. Odstraňuje z vody nepříjemné pachy včetně chlóru a celkově zlepšuje chuť upravené vody. [24]

Aktivní uhlí je vysoce kvalitní materiál, vyrobený z kamenného (černého) uhlí nebo kokosových skořápek, který má širokou škálu použití. Díky vysoké sorpční schopnosti zachycuje na svém velkém povrchu ($400-1500 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) různé nečistoty včetně organických rozpouštědel, odbarvuje vodu a odstraňuje pachy. Další vlastností je jeho schopnost zachycovat toxické těžké kovy – rtuť, kadmium a olovo. Také se využívá k dechloraci vody. Adsorbovatelnost látek se obecně zvyšuje se vzrůstající molekulovou hmotností, polaritou molekul, počtem dvojných vazeb a funkčních skupin. Vyznačuje se relativně velkou mechanickou pevností. [24] [25]

Ve vodárenství se využívá pro filtraci třech základních strukturálních typů (viz obr. 4.2): prachové (ve vodárenství nepoužívány téměř vůbec, spíše pro účely průmyslu a farmacie), tvarované do tvarů válečků, pelet (spíše pro účely čištění odpadních vod) a nakonec pro účely úpravy pitných vod je nejběžnější variantou granulované uhlí, tj. GAU. [24] [25]

Molekulární struktura aktivního uhlí je podobná struktuře grafitových destiček, která tvoří stěnu molekulárních otvorů, tzv. pórů. Rozeznáváme mikropóry ($< 2 \text{ nm}$), kde se odehrává adsorpce převážně organických látek; a transportní póry (makropóry $> 50 \text{ nm}$ a mesopóry $2-50 \text{ nm}$), které umožňují přístup organických molekul k aktivním centrům aktivního uhlí - mikropórům. Aktivní uhlí vyrobená z černého uhlí mají většinou vhodný poměr mikropórů a transportních pórů, zatímco u aktivních uhlí vyrobených z kokosových skořápek výrazně převažují mikropóry. Aktivní uhlí vyrobené z černého uhlí je vhodné pro úpravu odpadních vod a obecně více kontaminovaných vod, vzhledem k tomu, že nedochází k zanášení pórů a tím ke snížení schopnosti adsorpce (jak by tomu bylo u akt. uhlí vyrobeného z kokosových skořápek). Aktivní uhlí vyrobené z kokosových skořápek je zase mnohem vhodnější pro dechloraci vody a odstranění organických rozpouštědel, vzhledem ke své vyšší oteruvzdornosti, vyšší adsorpční schopnosti (více mikropórů) a lepší samočisticí schopnosti při zpětném proplachu. [25]



Obr. 4.2 Aktivní uhlí ve třech strukturálních typech [25]

4.2 NANOFILTRACE

Membránové separační technologie se stávají stále více oblíbené ve vodohospodářství, protože dosahují vysoké účinnosti při odstraňování nerozpuštěných látek, rozpuštěných látek i mikrobiologického znečištění. Výhodou membránových technologií oproti klasickým používaným metodám úpravy pitné vody je schopnost membrán odstranit z vody i látky, se kterými si klasická úprava vody nemusí poradit ať už z technického nebo finančního hlediska. Kontaminanty, které by běžná technologická linka neodstranila, jsou zpravidla odstraňovány právě na membránových technologiích (viz obr.4.1). Proto touto technologií může být upravována voda i ze zdrojů, které jsou pro klasickou úpravu vody na vodu pitnou obtížně akceptovatelné a často i zcela nevyhovující. [22]

V dnešní době se nanofiltrery používají hlavně pro odstraňování mikroorganismů z vod, jsou součástí filtračních zařízení akvárií a jejich použití velmi závisí na kvalitě surové vody. Dle experimentu odborníků z Vysoké školy chemicko-technologické v Praze ale lze konstatovat, že ultrafiltrace i nanofiltrace jsou schopny zajistit v permeátu nulové hodnoty mikroorganismů, pro odstraňování pesticidních látek ovšem nejsou dostačující technologií. [22]

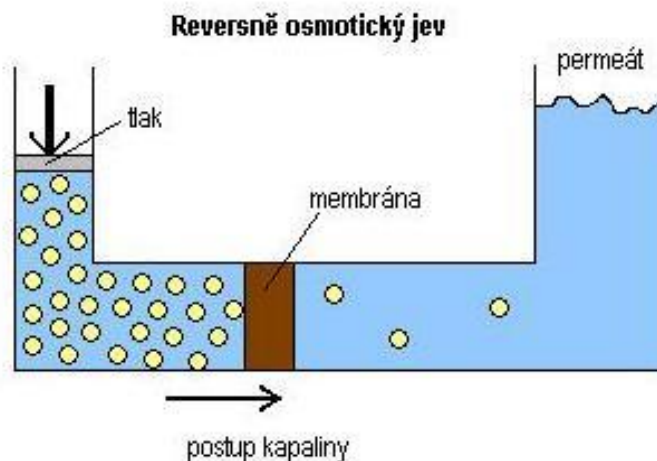
Jak ale bylo zmíněno a zobrazeno na obr. 4.1, pesticidy a jejich metabolity mohou procházet i právě nanofiltrací. Z tohoto důvodu je praktičtější volba filtru s GAU, který již bývá takřka běžným separačním stupněm větších úpraven vod.

4.3 REVERZNÍ OSMÓZA

Osmóza je vlastně přírodní jev, který byl objeven laureátem Nobelovy ceny Jacobusem Henricusem van Hoffem. Jde v principu o efekt přitahování tekutiny některými materiály. V lidském těle na principu osmózy fungují ledviny. [26]

Základním prvkem tohoto procesu jsou polopropustné membrány, kde se soli zachycují, a hnací silou způsobující toho zachytávání je rozdíl tlaků na koncentrát (vstupní médium) a na permeát (demineralizovaná voda). [26]

Technologické schéma procesu osmózy je znázorněno na obr 4.3.



Obr. 4.3 Schéma procesu reverzní osmózy [25]

Prakticky do roku 1999 se na trhu neobjevovaly filtrační technologie pro úpravu vody takové, které by významně měnily přírodní obsah rozpuštěných minerálních látek v upravované vodě. To se změnilo začátkem milénia, kdy se začaly ve větším měřítku používat zařízení na principu reverzní osmózy, dále jen RO. Tyto technologie jsou schopny úplně odstranit rozpuštěné minerální látky a tím vytvářet permeát demineralizovaný. [27]

Paradoxně toto demineralizování odporuje Vyhlášce ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody ve znění pozdějších předpisů. Paragraf 3 této vyhlášky totiž ukládá, že po úpravě nesmí být obsah hořčíku nižší než 10 mg.l^{-1} a obsah vápníku minimálně 30 mg.l^{-1} . Doporučené hodnoty jsou dle této vyhlášky až dvakrát vyšší. Z toho vyplývá, že při použití této technologie pro účely pitné vody k zásobování obyvatelstva je nutné zpětné ztvrzování vody. [27] [28] [29]

Dle Československé asociace vodárenských expertů voda demineralizovaná reverzní osmózou vykazuje řadu zdravotních rizik. Měkká voda statisticky zvyšuje riziko onemocnění i úmrtnosti, například kardiovaskulární problémy, odvápnění kostí, těhotenské komplikace, vznik nádorů a oslabení imunity. Vařením v takové vodě navíc potraviny ztrácejí většinu obsahu esenciálních prvků (jód, měď, mangan a další), které jsou pro lidské zdraví nepostradatelné. [27] [29]

Dalším neopomenutelným problémem je tzv. hladovost vody. Demineralizovaná voda má totiž silně narušenou uhličitánovou rovnováhu, která způsobuje zvýšení tendencí reagovat a vázat na sebe dostupné látky, tzv. změkčovadla. To se vyznačuje značnou agresivitou vůči materiálům potrubí, betonu, gumovým spojům a také velkou náchylností k bakteriální

kontaminaci. Tlakové nádoby na koncích linek RO jsou velmi náchylné na bakteriální osidlování (např. tyfová epidemie v Saudské Arábii v roce 1992). [26] [28]

Nicméně pro průmyslové účely je nepostradatelná, stejně jako technologie pro výrobu pitné vody odsolováním v některých suchých oblastech světa. Účinnost odsolení těchto jednotek je 95-99% dle parametrů upravované vody a technologických podmínek (např. tlak). V některých případech lze technologickou linku doplnit také o demineralizační kolonu naplněnou iontoměničovou pryskyřicí, která může snížit vodivost permeátu na ještě nižší úroveň, než jaké je schopná dosáhnout RO. [30] [31]

V tab. 4.2 jsou uvedeny některé vybrané látky a jejich účinnost odstranění technologií RO. Pesticidy jsou odstraňovány například s účinností 95-98 %. Tato účinnost závisí na parametrech procesu, jako kvalita koncentráту nebo pracovní osmotický tlak. [32]

RO je vlastně také jediná dostupná metoda odstranění hormonů z vody, konkrétně estrogenu. Ten se do vod dostává z čím dál hojnějšího používání ženské antikoncepce. Estrogen může u mužů způsobit neplodnost a také může být i příčinou vzniku rakoviny. [32]

Tab. 4.2 Účinnost odstranění vybraných látek RO [32]

Kontaminant	Odstranění (%)	Kontaminant	Odstranění (%)
Baryum	97	Tvrdost vody	90
Kadmium	96-98	Rtuť	97
Draslík	92	Selen	97
Dusičnany	90-93	Sodík	92
Fluor, fluoridy	87-93	Sírany	97
Hořčík	97	Sulfáty	97
Chlór	93	Vápník	97
Chrom	92	Zinek	94-97
Měď	97	Železo	95-98
Mangan	94-97	Fenoly	nad 99
Insekticidy	95-98	Bílkoviny	nad 99
Herbicidy	95-98	Sacharóza	nad 99
Amoniak	94	Hliník	98
Chloridy	93	Bakterie	99,9
Olovo	99	Kyanid	91
Fosfáty	98	Nitráty	78
<i>Rozpuštěné látky celkem</i>	95		

Optimální požadavky na vstupní vodu jsou teplota, ideálně kolem 25°C, tlak vstupní vody cca 6 bar, pracovní tlak dle potřeb (mořská voda například 50-70 bar, brakické vody 15-25 bar), zbytkový chlór musí být limitován maximální hodnotou 0,1 mg.l⁻¹ a pro železo a mangan platí maximální hodnota 0,15 mg.l⁻¹. Například pH při této technologii nehraje tak velkou roli, může se pohybovat od 2-11. [30]

Technologie osmózy spočívá v pronikání vody pod vysokým tlakem soustavou membrán, které jsou tvořeny homogenními polymerními matricemi. Ty jsou tvořeny několika vrstvami, základ tvoří polopropustná vrstva (cca 1 µm) a podpůrná vrstva (20-50 µm). Membrány jsou tvořeny hlavně z polymerů, v praxi to jsou nejčastěji polysulfony, acetáty celulózy, aromatické polyamidy a polyvinylidenfluoridy. [33]



Obr. 4.4 Trubicové moduly pro RO [29]

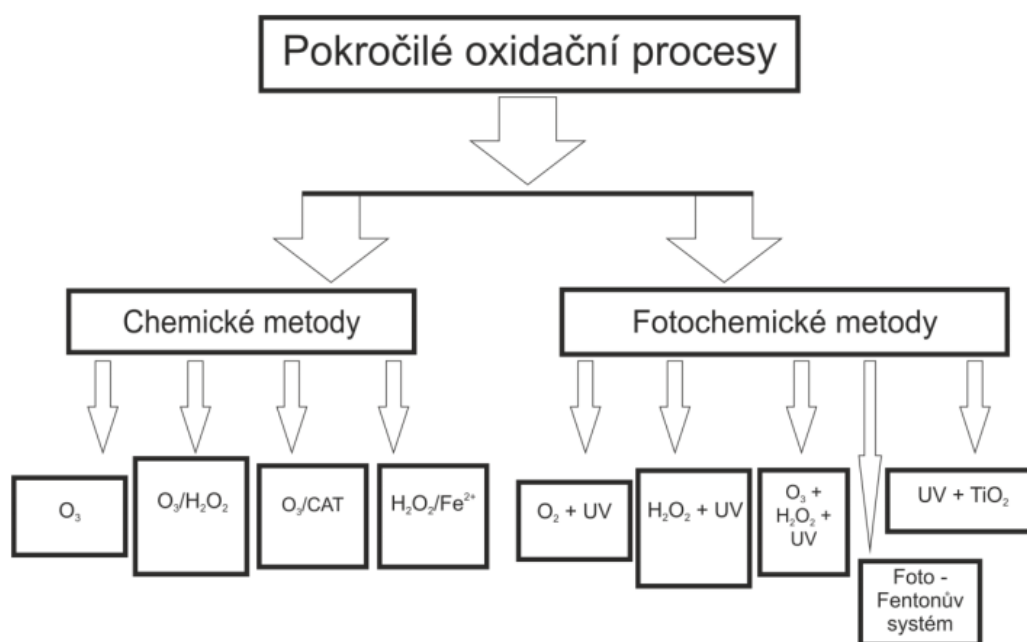
4.4 POKROČILÉ OXIDAČNÍ PROCESY

Pokročilé oxidační procesy (AOP, tj. Advanced Oxidation Processes) se poprvé objevily v 50. letech 20. století při oxidaci fenolů v odpadních vodách. Jde o reakce látek rozpuštěných ve vodě s volnými radikály. [34] [35]

Jak bylo již zmíněno, nejběžnější jsou systémy kombinace UV záření, peroxidu vodíku a ozónu. Dá se také využít nízkoteplotní plazmy generované za atmosférického tlaku, která vytváří UV záření, produkuje hydroxylové radikály. Jde o alternativu, která nevyžaduje použití chemikálií či použití UV lampy. [34]

Obecně lze AOP rozdělit na dvě základní skupiny, viz obr. 4.5:

- fotochemické,
- chemické. [34]



Obr. 4.5 Rozdělení AOP [34]

Teoreticky lze tyto technologie použít pro jakékoli typy oxidace, v praxi se však používají pro redukci následujících parametrů:

- toxiny řas,
- nitrosoaminy,
- příměsi do paliv,
- chlorované uhlovodíky,
- pesticidy a herbicidy,
- těkavé organické látky,
- zbytky léčiv a produkty osobní péče (polutanty),
- pach a chuť,
- hormony a jejich metabolity. [36]

Obecně lze říci, že AOP probíhají za normálních teplot a tlaků a to znamená finanční technologické úspory. Činidla pro tyto reakce (ozón, peroxid vodíku) jsou drahá nebo náročná na výrobu na místě a proto je není vhodné používat na silně znečištěné vody čistě z ekonomického hlediska. [36] [37]

Mezi typy AOP patří:

- $H_2O_2 + O_3$ (peroxon)
- $H_2O_2 + O_3 + UV$

- $\text{TiO}_2 + \text{UV}$
- Fentonův proces: $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$
- $\text{O}_3 + \text{UV}$
- $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{UV}$ [36]

Tyto technologie jsou ale obecně velmi závislé na kvalitě vstupního média a parametrech okolního prostředí. Pro použití této technologie je nutné poloprovozních zkoušek a laboratorního testování. Nelze tedy dopředu říci, který typ AOP je nejvhodnější pro dané podmínky a zda je účinnost již použité technologie maximální. Velkou nevýhodou je také tvorba nežádoucích produktů a neúčinnost pro nedostatek pohlcovačů hydroxylových radikálů. Navíc pro použití peroxidu vodíku nebo ozonu musí být likvidováno zbytkové množství na další technologii, v praxi nejlépe na filtry s GAU. Naopak velkou výhodou je vedle úpravárenského procesu také to, že tato technologie je zároveň schopná fungovat jako desinfekce vody. [36]

V praxi se s těmito metodami můžeme setkat v průmyslu jako je odbarvování odpadních vod z výroby textilních barviv a pigmentů, v kožedělném průmyslu, farmacii, chemických závodech nebo také při likvidaci úniku ropných látek nebo argochemikálií do vodotečí. [37]

5 KONKRÉTNÍ ÚPRAVNA VODY S PESTICIDY VE ZDROJI

V rámci této práce bude posouzena účinnost odstraňování některých vybraných pesticidů dle Vodárenské akciové společnosti, a.s. (dále jen VAS) Vesměs půjde o látky karcinogenní, toxické nebo zdraví škodlivé, u kterých je prokazatelný výskyt ve vodních zdrojích v ČR, konkrétně ve zdrojích vybrané úpravny vody, která je provozována právě Vodárenskou akciovou společností.

V rámci této kapitoly bude popsána rekonstrukce konkrétní úpravny vody (dále jen ÚV) včetně původní technologie. Zdroje dat a informací v této kapitole nebudou citovány z důvodů přání provozovatele vodárenské infrastruktury.

Byly poskytnuty data z měření pesticidů a metabolitů na této úpravně (z praktických důvodů se tato práce zaměří pouze na některé vybrané).

5.1 PŮVODNÍ TECHNOLOGIE A REKONSTRUKCE ÚV

Úpravna vody byla postavena během 70. let minulého století. Po dobu provozu byly prováděny pouze dílčí opravy a úpravy technologické linky. Rozsáhlá rekonstrukce proběhla před několika lety a tato rekonstrukce zasáhla nejen samotnou úpravnu, ale také páteční řady vodovodů a několik vodojemů na síti. Dnes je již úpravna v úplném provozu.

Úpravna vody byla postavena v sedmdesátých letech minulého století a prošla prakticky bez základních úprav technologie. V roce 2013 byla nutná rozsáhlá rekonstrukce nejen samotné úpravy, ale zároveň se provedly rozsáhlé opravy navazujících zařízení, vodojemů a páteřních řadů.

Důvodem rekonstrukce byla jak nutnost snížení maximálního výkonu úpravy hlavně z ekonomického hlediska, tak i fakt, že životnost ocelových řadů a technologie byla na své hranici. Před rekonstrukcí byla zvolena varianta řešení se změnou počtu separačních stupňů hlavně z důvodu zkvalitnění pitné vody pro odběratele. Dalším faktorem pro modernizaci úpravy bylo to, že se v dané oblasti začaly častěji objevovat u odběratelů problémy s výskytem trichlormethanu, zápach po chlóru či zvýšený obsah železa. Objevovaly se problémy také s dodávkou vody z důvodu špatného technického stavu technologie.

Původní úpravna byla dimenzována na 360 l.s^{-1} s polovičním provozním výkonem a čerpala povrchovou vodu z nedaleké vodní nádrže. Úpravna zásobuje téměř 50 000 obyvatel.

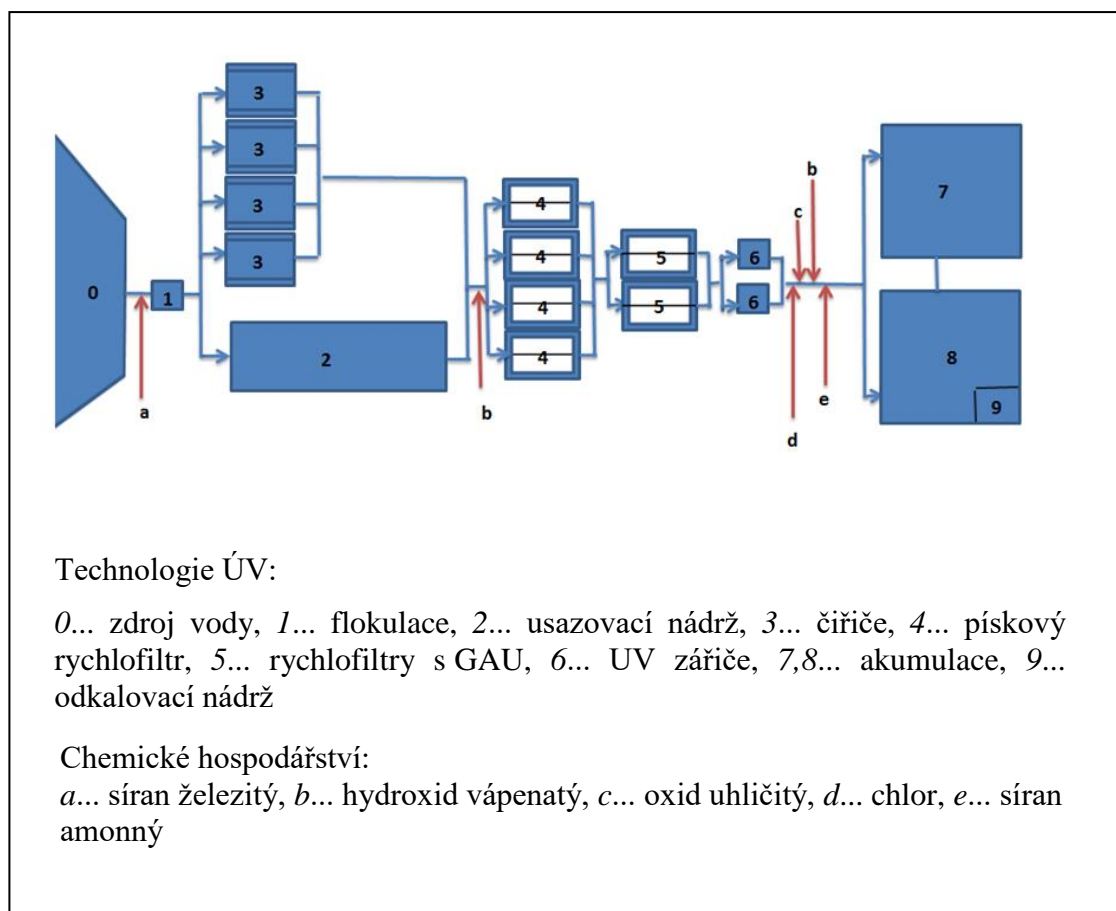
Rekonstrukce se týkala, jak bylo již zmíněno, samotné úpravy vody, kilometrů hlavních zásobovacích řadů, výstavby nových řadů a rekonstrukce několika vodojemů.

Původní technologií úpravy byla dvoustupňová separace. Nejdříve byl dávkován koagulant síran železitý, poté voda proudila přes rychlomísč do dvoukomorové flokulační nádrže s horizontálními míchadly. Následoval první separační stupeň se třemi usazovacími nádržemi. Dále se prováděla úprava pH a voda vtékala do druhého separačního stupně, který byl tvořen šesti otevřenými pískovými rychlofiltry s mezidny. Poslední douprava byla prováděná

úpravou pH vápennou vodou a desinfekcí plynným chlorem. Plynný chlór ale nebyl nejvhodnější řešení a to z důvodu tvorby nežádoucího vedlejšího produktu, chloroformu.

V rámci rekonstrukce byla snížena maximální kapacita úpravy na 200 l.s^{-1} a rozšířena o další separační stupeň, bylo tedy možné uvažovat o jiných technologiích. První separační stupeň byl testován poloprovozními zkouškami a bylo vybíráno ze tří alternativ: intenzifikace sedimentačních nádrží, flotační jednotka na bázi rozpuštěného vzduchu anebo čířič na principu hydraulicko-mechanického vznosu vločkového mraku. Po přihlédnutí k technicko - ekonomickým hlediskům byl vybrán čířič. Ze šesti pískových rychlofiltrů byly ponechány pouze čtyři a další dva byly upraveny na rychlofiltry s GAU. Ty zde pracují jako třetí separační stupeň a zároveň jsou nejdůležitější technologie pro odstraňování pesticidních látek, farmak a jiných polutantů.

V rámci chemického hospodářství byla technologie doplněna o stabilizaci vápnem a CO_2 a o dávkování síranu amonného v rámci chloraminace z důvodů potlačení vzniku nežádoucího chloroformu ve vodovodních řadech.



Obr. 5.1 Blokové schéma úpravy vody po rekonstrukci

5.2 MĚŘENÍ PESTICIDNÍCH LÁTEK

Vzorky byly odebírány v surové vodě na přítoku a po úpravě na výtoku do akumulace. Surová voda byla odebírána před samotnou úpravou a to ještě před dávkováním síranu železitého, tj. před flokulací a jakoukoli chemickou manipulací. Odběry upravené vody byly prováděny po desinfekci před samotnou akumulací upravené pitné vody.

Pro stanovení přítomnosti a množství pesticidů ve vodě se nejčastěji používají metody založené na extrakci kapalina-kapalina nebo extrakcí pevnou fází. Následně se vzorek analyzuje chromatografickými metodami (plynová nebo kapalinová chromatografie) za použití detektorů jako např. UV, ECD a nejnověji MS. [38]

Plynová chromatografie je omezená pouze na dostatečně tepelně stabilní látky.

Kapalinová chromatografie má tedy větší použitelnost, ale za použití pouze UV detekce byla méně citlivá než plynová chromatografie. V současné době ale při spojení kapalinové chromatografie s hmotnostním spektrometrem se dosahuje dostatečné zvýšení citlivosti a selektivity měření. [38]

Kombinace kapalinové chromatografie a hmotnostního spektrometru (systém LC/MS) lze vzorky analyzovat metodou přímého nástřiku vzorku, tj. vzorek nemusí být přečišťován, zkoncentrován, pouze se do něj přidá extrakční látka. Ze vzorku jsou odstraněny mechanické nečistoty a částice pomocí odstředění, následně je vzorek přefiltrován a ve finále v případě nutnosti se upraví pH vzorku. [38]

VAS a.s. pro analýzu vzorků využívala hned tři specializované pracoviště pro analýzu vybraných pesticidů, hlavně z důvodu rozdílné nabídky rozboru daných látek. Pro účely diplomové práce bylo využito hlavně dat z laboratoří ALS Czech republic, s.r.o.

5.3 PESTICIDNÍ LÁTKY CELKEM

V rámci měření byla každý měsíc stanovena koncentrace celkových pesticidních látek (dále jen PLC). Ta nesmí dle vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody přesáhnout hodnotu $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$.

V rámci analýzy vzorků byly stanoveny koncentrace celkových pesticidních látek, viz tabulky níže.

Tab. 5.1 Tabulka hodnot koncentrace naměřených PLC na konkrétní úpravě za rok 2015

Datum odběru	Místo odběru	Pesticidní látky celkem [$\mu\text{g.l}^{-1}$]
12/1/15	surová voda	0,29
12/1/15	upravená voda	0,10
27/1/15	surová voda	0,16
27/1/15	upravená voda	0,10
17/2/15	upravená voda	0,10
10/3/15	surová voda	0,13

10/3/15	upravená voda	0,10
31/3/15	upravená voda	0,10
21/4/15	surová voda	0,10
21/4/15	upravená voda	0,10
12/5/15	upravená voda	0,10
2/6/15	surová voda	0,10
2/6/15	upravená voda	0,10
23/6/15	upravená voda	0,10
14/7/15	surová voda	0,10
14/7/15	upravená voda	0,10
4/8/15	upravená voda	0,10
25/8/15	surová voda	0,10
25/8/15	upravená voda	0,12
15/9/15	upravená voda	0,10
6/10/15	surová voda	0,21
6/10/15	upravená voda	0,10
20/10/15	upravená voda	0,10
26/10/15	upravená voda	0,10
26/10/15	surová voda	0,11
10/11/15	surová voda	0,10
10/11/15	upravená voda	0,10
2/12/15	surová voda	0,13
2/12/15	upravená voda	0,10

Tab. 5.2 Tabulka hodnot koncentrace naměřených PLC na konkrétní úpravě za rok 2016

Datum odběru	Místo odběru	Pesticidní látky celkem [$\mu\text{g.l}^{-1}$]
20/1/16	surová voda	0,15
20/1/16	upravená voda	0,10
8/2/16	surová voda	0,14
8/2/16	upravená voda	0,10
24/2/16	upravená voda	0,10
15/3/16	surová voda	0,10
15/3/16	upravená voda	0,10
29/3/16	upravená voda	0,10
26/4/16	surová voda	0,10
26/4/16	upravená voda	0,10
24/5/16	upravená voda	0,10
14/6/16	surová voda	0,10
14/6/16	upravená voda	0,10
28/6/16	upravená voda	0,10
19/7/16	upravená voda	0,10
2/8/16	surová voda	0,10
2/8/16	upravená voda	0,10

23/8/16	surová voda	0,10
23/8/16	upravená voda	0,10
13/9/16	upravená voda	0,10
4/10/16	surová voda	0,10
4/10/16	upravená voda	0,10
1/11/16	upravená voda	0,10
7/11/16	surová voda	0,12
22/11/16	upravená voda	0,10
5/12/16	surová voda	0,10
5/12/16	upravená voda	0,10
6/12/16	upravená voda	0,10

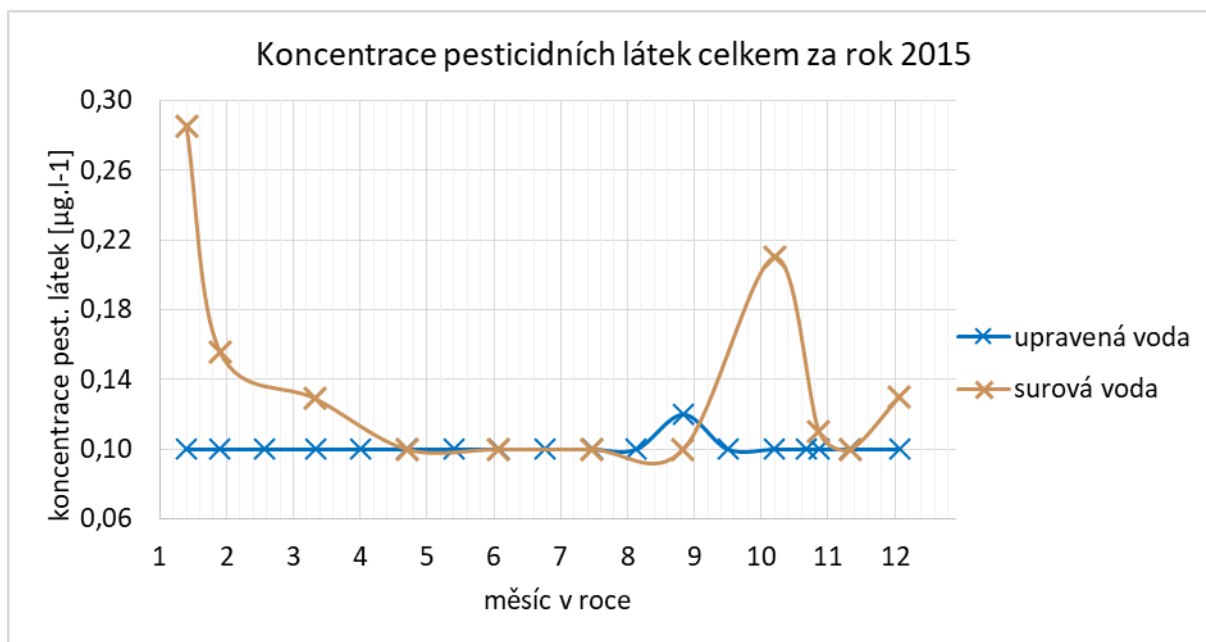
Tab. 5.3 Tabulka hodnot koncentrace naměřených PLC na konkrétní úpravně za rok 2017

Datum odběru	Místo odběru	Pesticidní látky celkem [$\mu\text{g.l}^{-1}$]
10/1/17	surová voda	0,11
10/1/17	upravená voda	0,10
7/2/17	upravená voda	0,10
13/2/17	surová voda	0,10
13/2/17	upravená voda	0,10
21/3/17	surová voda	0,15
21/3/17	upravená voda	0,10
11/4/17	surová voda	0,10
11/4/17	upravená voda	0,10
9/5/17	upravená voda	0,10
23/5/17	upravená voda	0,10
13/6/17	surová voda	0,22
13/6/17	upravená voda	0,10
27/6/17	upravená voda	0,10
18/7/17	surová voda	0,10
18/7/17	upravená voda	0,10
8/8/17	upravená voda	0,10

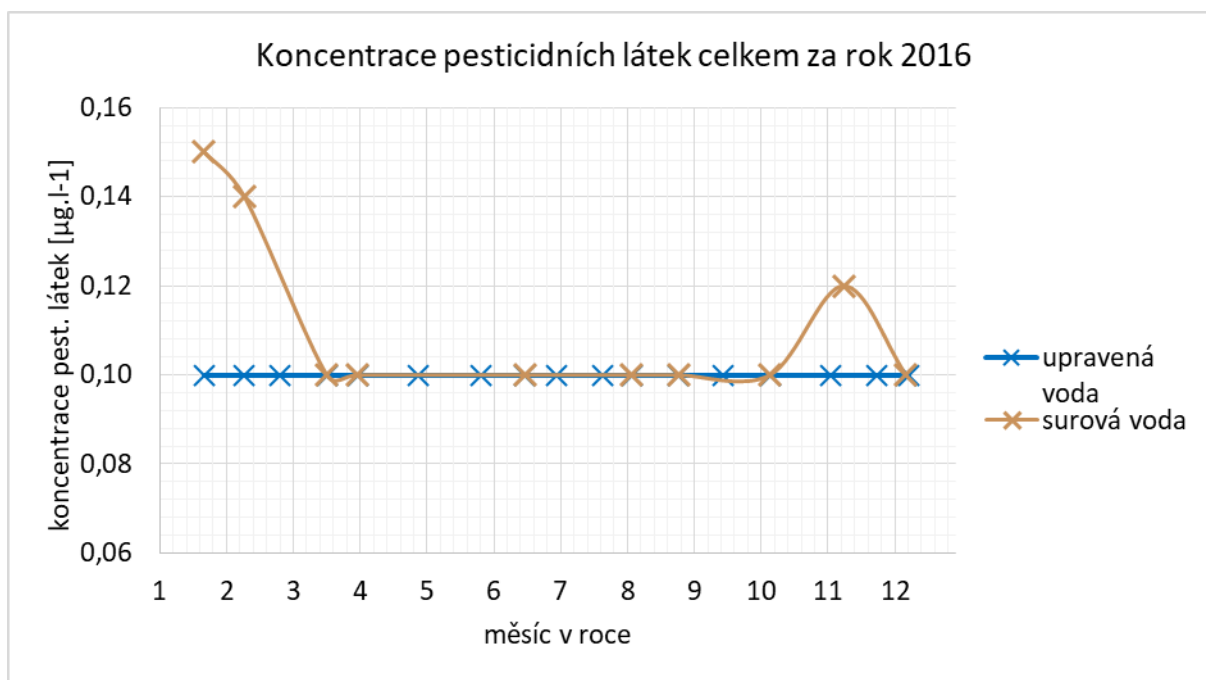
Dle grafického zpracování dat, viz Obr. 5.2 Koncentrace PLC v roce 2015, 5.3 Koncentrace PLC v roce 2016 a Obr. 5.4 Koncentrace PLC v roce 2017, je zde zajímavý výkyv na přítoku surové vody do úpravně. V roce 2015 se projevil nárůst koncentrací v surové vodě na jaře a na podzim. V roce 2016 bylo zaznamenáno navýšení koncentrace v zimních měsících. V roce 2017 byla naměřená koncentrace vyšší než v předešlém roce, ale menší než v roce 2015, v tomto případě v jarních a letních měsících. Na jaře je tento výkyv zdůvodnitelný například zvýšením použití pesticidů, ale v létě se dá tento radikální nárůst vysvětlit pouze dlouhodobým suchem. To způsobí vysoké vypařování a pokles hladiny toků, což způsobí i zvýšení koncentrace pesticidních látek na objemovou jednotku.

Tabulky s daty pro koncentrace jednotlivých látek byly také graficky zpracovány, viz Obr. 5.2 až Obr. 5.4. Koncentrace pesticidních látek 2015, 2016 a 2017.

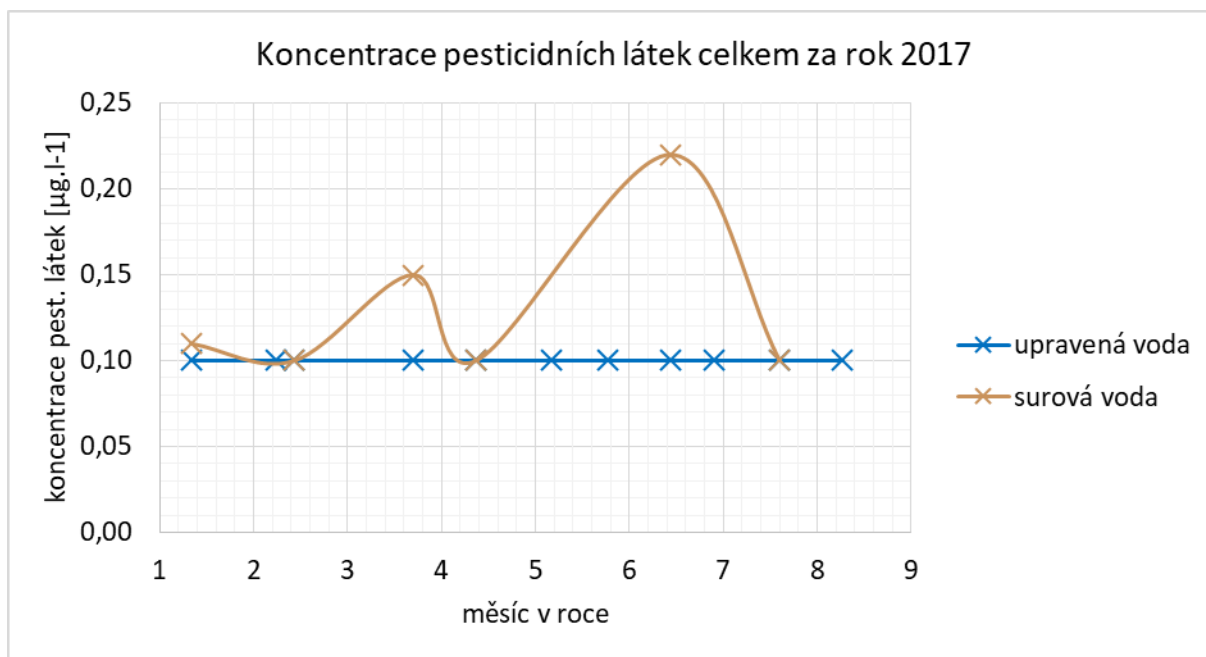
Dle Obr. 5.2 Koncentrace PLC v roce 2015 předpokládám, že zde bude chyba měření. Dne 25.8.2015 bylo na výstupu zaznamenána vyšší koncentrace PLC než na vstupu.



Obr. 5.2 Koncentrace PLC v roce 2015



Obr. 5.3 Koncentrace PLC v roce 2016



Obr. 5.4 Koncentrace PLC v roce 2017

Dle tohoto krátkodobého rozboru lze tedy jednoznačně říci, že nelze přesně definovat měsíce, kdy můžeme očekávat zvýšení pesticidních látek ve vodě.

Údaje PLC na výstupu z ÚV jsou všechny naměřeny pod hranici nejvyšší mezní hodnota (NMH) $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$. Závěrem lze říci, že v upravené vodě nedošlo k překročení koncentrace $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ u PLC, což je hranice minimální zjistitelnosti měřících zařízení, tedy až na výjimku v srpnu 2015, kterou je dle mého předpokladu chyba v záměně vzorků mezi surovou a upravenou vodou.

V surové vodě nebyla naměřená koncentrace vyšší než je NMH dána vyhláškou, tj. $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ pro pesticidní látky celkem. V roce 2015 byla tato koncentrace v surové vodě maximálně $0,29 \mu\text{g.l}^{-1}$, v roce 2016 jen $0,15 \mu\text{g.l}^{-1}$ a v roce 2017 $0,22 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Lze konstatovat, že dle výše zobrazených průběhů koncentrací PLC dojde díky technologii úpravy ke snížení hodnot těchto koncentrací.

5.4 VYBRANÉ NAMĚŘENÉ PESTICIDNÍ LÁTKY

Společnost VAS sleduje na dané úpravě přes 70 pesticidních látek (dále jen PL), z toho většina je pod hranicí měřitelnosti, to znamená, že dané měřící zařízení je nejsou schopné naměřit. Pro přehlednost jsem nahradila hodnotu minimální hranice citlivosti měřících přístrojů (např. $<0,025 \mu\text{g.l}^{-1}$) právě touto hodnotou, přestože by její výskyt ve vodě nemusel být žádný.

Dle vyhlášky ministerstva zdravotnictví je NMH pro pesticidní látky $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Společností VAS byly poskytnuty data od roku 2015 do konce léta 2017. Vzhledem k tomu, že v roce 2015 byl zaznamenán nadměrný výskyt pouze u čtyř látek, tyto data budou uvedeny pouze u těchto látek v této kapitole, případně v kapitole 5.5 Vybrané nenaměřené pesticidní látky.

Osm látek z daného období měření mělo výrazněji v průběhu roku nadlimitní koncentraci. Další čtyři látky měly během roku změřitelný výkyv. Pro představu uvedu všechny tyto látky se stručnou charakteristikou.

I přes chybějící data v daném období (například na přítoku nebo odtoku z úpravny) budou tyto údaje zakomponovány do zpracovaných dat. Stanoveno bylo také více měřených dat na výstupu než na vstupu, tyto data jsou přesto zakomponována do grafů.

V tab. 5.4 Vybrané PL v roce 2016 a tab. 5.5 Vybrané PL v roce 2017 jsou zobrazeny pesticidy a jejich metabolity, které byly v daných letech naměřeny. U těch látek, u kterých se objevily koncentrace PL také v roce 2015, budou tyto údaje zpracovány pouze graficky u těchto jednotlivých PL z toho důvodu, že v roce 2015 je nejméně dat a naměřeno bylo pouze několik látek. Další látky, které naměřeny vůbec nebyly, avšak analýza se na ně prováděla také, budou specifikovány v kapitole 5.5 Vybrané nenaměřené PL.

Tab. 5.4 Vybrané PL v roce 2016

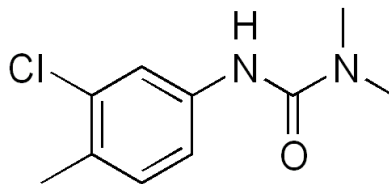
Datum odběru	Místo odběru	Chlortoluron [μl ⁻¹]	Isoproturon [μl ⁻¹]	Terbutylazin [μl ⁻¹]	Acetochlor ESA [μl ⁻¹]	Alachlor ESA [μl ⁻¹]	Metazachlor ESA [μl ⁻¹]	Metolachlor ESA [μl ⁻¹]	Metolachlor OA [μl ⁻¹]	Alachlor OA [μl ⁻¹]	Metazachlor OA [μl ⁻¹]	Atrazine- hydroxy [μl ⁻¹]
20.01.16	surová voda	0,048	0,031	0,025	0,070	0,025	0,360	0,060	0,025	0,025	0,025	0,025
20.01.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,064	0,025	0,330	0,045	0,025	0,025	0,025	0,025
08.02.16	surová voda	0,031	0,027	0,025	0,086	0,025	0,630	0,077	0,025	0,025	0,025	0,025
08.02.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,076	0,025	0,510	0,049	0,025	0,025	0,025	0,025
24.02.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,043	0,025	0,330	0,058	0,025	0,025	0,025	0,025
15.03.16	surová voda	0,025	0,025	0,025	0,085	0,025	0,660	0,049	0,025	0,025	0,025	0,025
15.03.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,057	0,025	0,520	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
29.03.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,065	0,025	0,600	0,090	0,025	0,025	0,025	0,025
26.04.16	surová voda	0,025	0,025	0,025	0,037	0,025	0,720	0,080	0,039	0,025	0,025	0,025
26.04.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,035	0,025	0,600	0,062	0,034	0,025	0,025	0,025
24.05.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,062	0,025	0,550	0,057	0,033	0,025	0,025	0,025
14.06.16	surová voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,073	0,560	0,081	0,040	0,025	0,025	0,025
14.06.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,055	0,400	0,052	0,029	0,025	0,025	0,025
28.06.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,049	0,460	0,052	0,030	0,025	0,180	0,025
19.07.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,045	0,600	0,062	0,031	0,025	0,240	0,025
02.08.16	surová voda	0,025	0,025	0,025	0,038	0,076	0,930	0,120	0,049	0,025	0,310	0,025
02.08.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,031	0,041	0,680	0,067	0,036	0,025	0,260	0,025
23.08.16	surová voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,067	0,660	0,078	0,038	0,025	0,025	0,025
23.08.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,057	0,025	0,540	0,051	0,031	0,025	0,025	0,025
13.09.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,042	0,510	0,052	0,026	0,025	0,190	0,025
04.10.16	surová voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,034	0,320	0,045	0,025	0,025	0,025	0,025
04.10.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,033	0,025	0,240	0,031	0,025	0,025	0,025	0,025
01.11.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,049	0,040	0,420	0,044	0,025	0,025	0,130	0,025
07.11.16	surová voda	0,025	0,025	0,074	0,050	0,050	0,380	0,045	0,025	0,025	0,092	0,025
22.11.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,031	0,056	0,360	0,041	0,025	0,025	0,025	0,025
05.12.16	surová voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,077	0,430	0,051	0,025	0,025	0,120	0,025
05.12.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,072	0,390	0,045	0,025	0,025	0,120	0,025
06.12.16	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,037	0,057	0,410	0,045	0,025	0,025	0,120	0,025

Tab. 5.5 Vybrané PL v roce 2017

Datum odběru	Místo odběru	Chlortoluron [μ.l ⁻¹]	Isoproturon [μ.l ⁻¹]	Terbuthylazin [μ.l ⁻¹]	Acetochlor ESA [μ.l ⁻¹]	Alachlor ESA [μ.l ⁻¹]	Metazachlor ESA [μ.l ⁻¹]	Metolachlor ESA [μ.l ⁻¹]	Alachlor OA [μ.l ⁻¹]	Metazachlor OA [μ.l ⁻¹]	Atrazine- hydroxy [μ.l ⁻¹]
10.01.17	surová voda	0,025	0,025	0,077	0,030	0,066	0,380	0,047	0,025	0,100	0,025
10.01.17	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,086	0,025	0,370	0,044	0,025	0,110	0,025
07.02.17	upravená voda	0,025	0,025	0,052	0,025	0,053	0,310	0,034	0,025	0,068	0,025
13.02.17	surová voda	0,025	0,025	0,041	0,025	0,097	0,420	0,048	0,025	0,110	0,025
13.02.17	upravená voda	0,025	0,025	0,041	0,025	0,068	0,340	0,045	0,025	0,100	0,025
21.03.17	surová voda	0,110	0,025	0,040	0,025	0,052	0,260	0,025	0,025	0,075	0,041
21.03.17	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,038	0,260	0,025	0,025	0,081	0,025
11.04.17	surová voda	0,025	0,025	0,034	0,025	0,070	0,370	0,034	0,025	0,110	0,025
11.04.17	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,064	0,360	0,036	0,025	0,120	0,025
09.05.17	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,065	0,430	0,042	0,025	0,160	0,025
23.05.17	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,055	0,370	0,035	0,025	0,140	0,025
13.06.17	surová voda	0,080	0,025	0,089	0,025	0,074	0,390	0,025	0,025	0,140	0,031
13.06.17	upravená voda	0,025	0,025	0,025	0,025	0,070	0,390	0,039	0,025	0,160	0,025
27.06.17	upravená voda	0,064	0,025	0,036	0,025	0,060	0,410	0,043	0,025	0,140	0,025
18.07.17	surová voda	0,060	0,025	0,030	0,025	0,059	0,380	0,038	0,025	0,120	0,025
18.07.17	upravená voda	0,054	0,025	0,026	0,025	0,047	0,036	0,025	0,110	0,340	0,025
08.08.17	upravená voda	0,051	0,025	0,025	0,025	0,062	0,400	0,043	0,025	0,120	0,036

5.4.1 Chlortoluron

Vzorec: $C_{10}H_{13}ClN_2O$ [39]



Obr. 5.5 Chemický vzorec chlortoluronu [39]

Jedná se o herbicidní přípravek ze skupiny substituované močoviny používaný ve formě suspenzního substrátu, který má likvidovat určité druhy plevelu například v obilovinách nebo máku. [40]

Samotná látka je přijímána jak kořeny tak také listy rostlin, kde blokuje fotosyntézu a tím plevelu likviduje. [40]

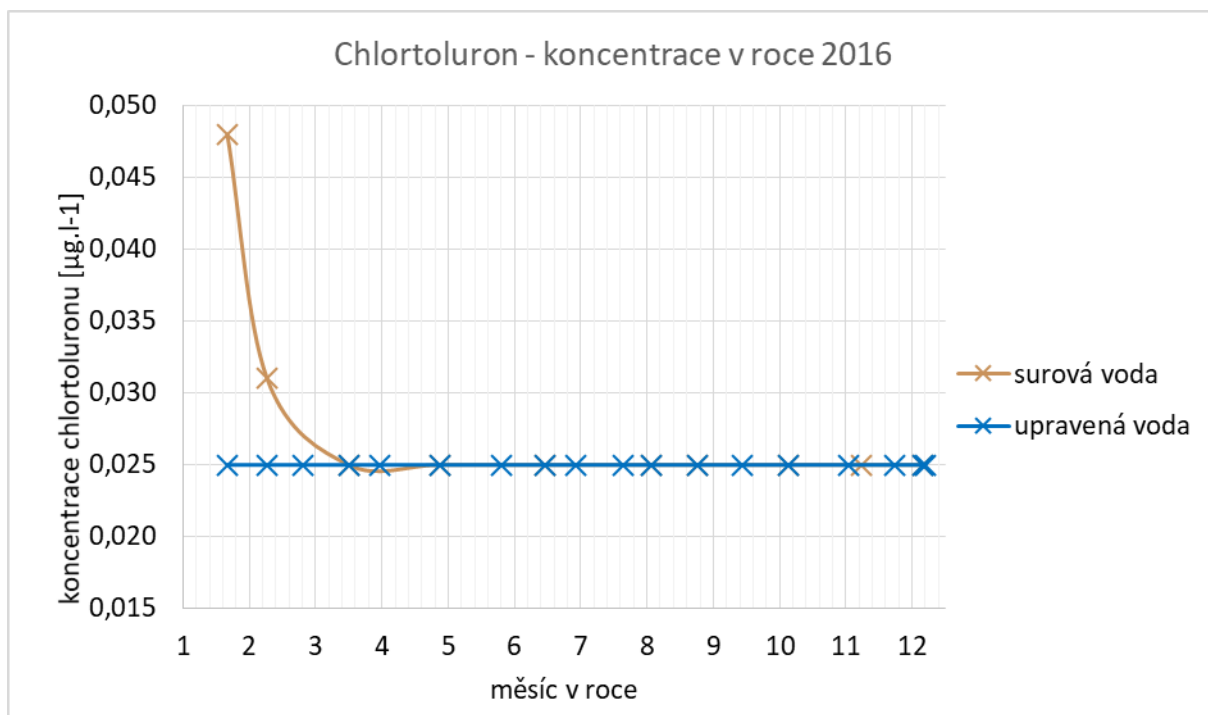
Dle nařízení EU č. 1272/2008 a nařízení komise EU č. 453/2010 je tato látka v kategorii „vysoce toxická pro vodní organismy (i s dlouhodobým účinkem)“, spadá také do kategorie „podezření na vyvolání rakoviny“ a „podezření na poškození reprodukčních schopností nebo plodu v těle matky“. [41]

V případě této látky je výskyt v roce 2015 zanedbatelný, pohybuje se v rozmezí od 0,025 do 0,030 $\mu\text{g.l}^{-1}$, jediný výkyv v tomto intervalu byl 0,033 $\mu\text{g.l}^{-1}$ v březnu roku 2015. Proto data výskytu této látky jsou až pro další roky.

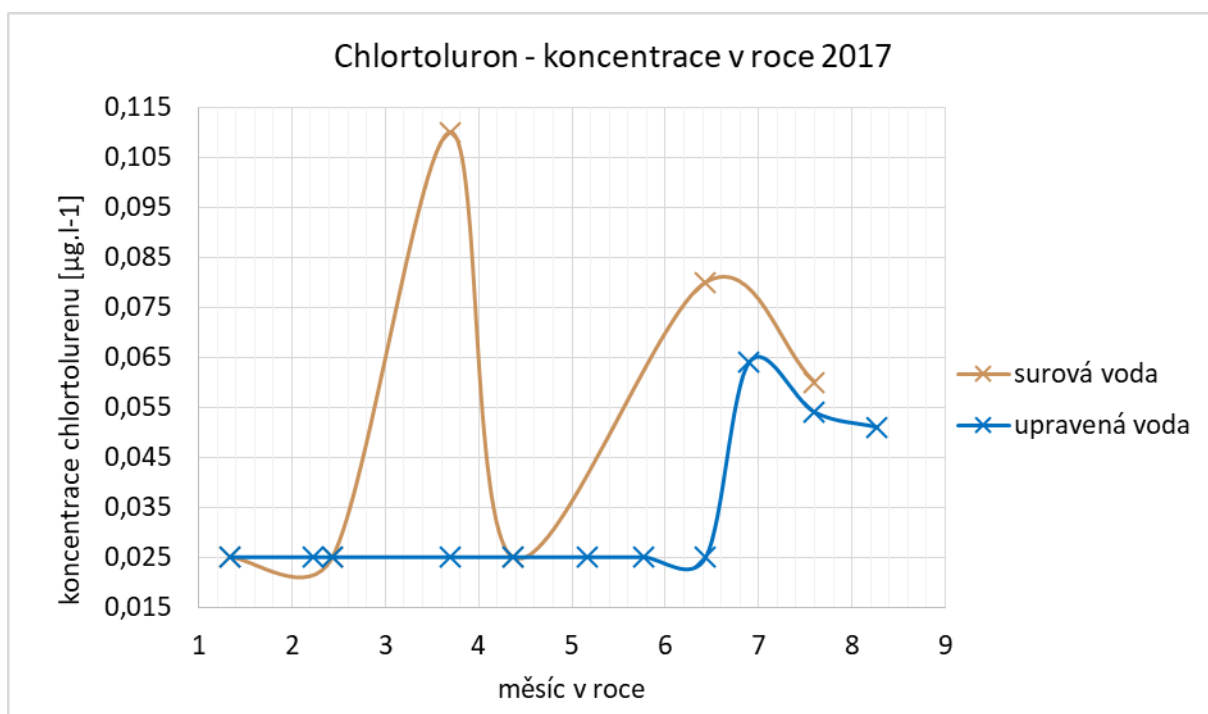
Dle grafů v Obr. 5.6 a Obr. 5.7 koncentrace chlortolurenu je zřejmé, že tendence výskytu této látky je stoupající. V roce 2015 byla koncentrace na hranici zjištělnosti, v roce 2016 v lednu se zvýšila koncentrace na dvojnásobek průměrných koncentrací. V roce 2017 se i tato zdvojená hodnota opět jednou tolik zvýšila, tedy co se týká vzorků surové vody.

Až do roku 2017 byla koncentrace upravené vody v úrovni hranice detekce. Nicméně v letních měsících letošního roku došlo jak na obrovský nárůst koncentrací jak v surové vodě, tak také v upravené vodě.

Dle tohoto trendu je jasné, že tato látka se bude vyskytovat ve zdroji pitné vody v daleko větším měřítku i v následujících letech a je třeba s ní počítat.



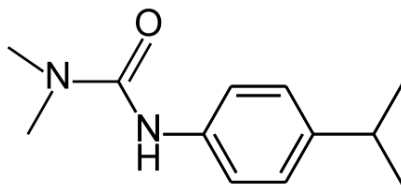
Obr. 5.6 Koncentrace chlortoluronu roce 2016



Obr. 5.7 Koncentrace chlortoluronu v roce 2017

5.4.2 Isoproturon

Vzorec: $C_{12}H_{18}N_2O$ [42]



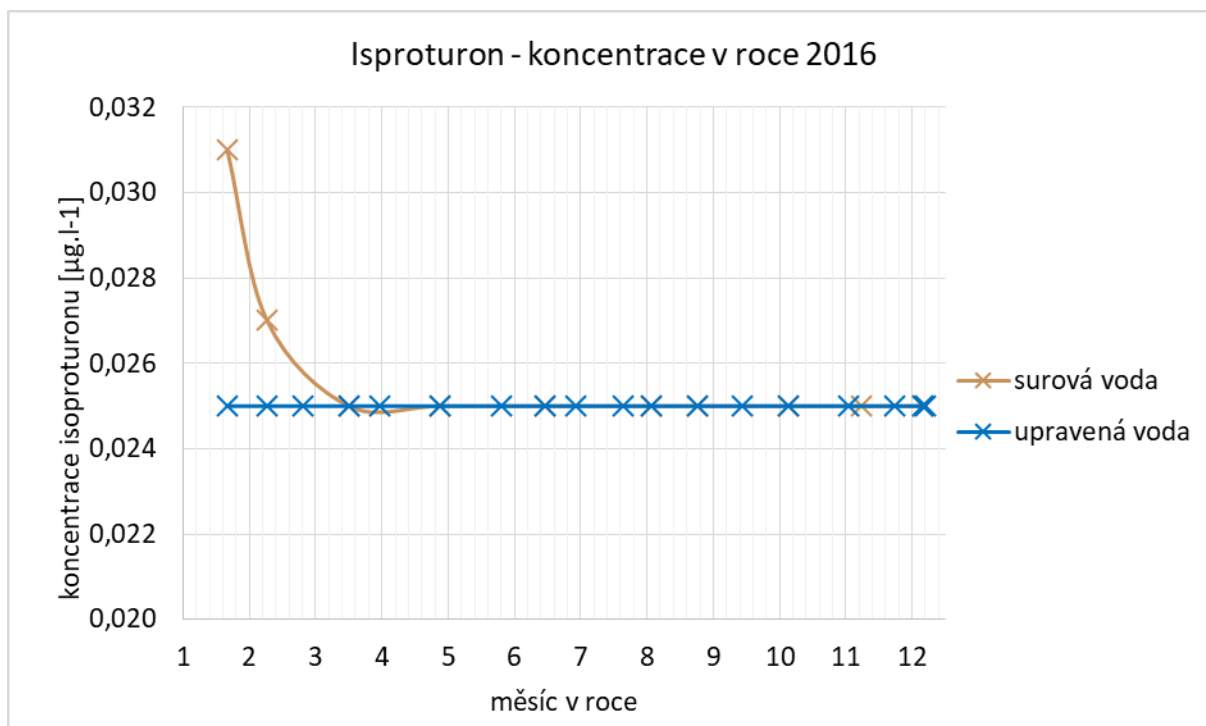
Obr. 5.8 Chemický vzorec isoproturonu [42]

Isoproturon je běžně používaný selektivní herbicid patřící mezi látky odvozené od močoviny. Využívá se hlavně pro omezení fotosyntézy plevelnatých trav a citlivějších rostlin. [42] [43]

Tato látka nemá známé žádné případy otrav u lidí, obecně lze říci, že pro savce je málo toxická. Nicméně je velmi toxická pro vodní organizmy. Bioakumulace zatím není známa. [43]

Isoproturon je málo těkavý, ale lze o něm říci, že ve vodě je velmi mobilní, snadno má schopnost prosakovat do podzemních vod. Podléhá ale mikrobiálnímu rozkladu. Jeho poločas rozpadu je 40 dní, ve vodě 30 dní. [43]

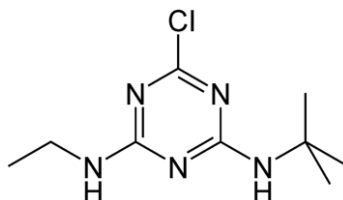
V roce 2015 ani v roce 2017 nebyl zaznamenán výskyt této látky ve zdroji pitné vody na dané úpravně, pouze jeho výkyv v roce 2016 v jarních měsících.



Obr. 5.9 Koncentrace isoproturonu v roce 2016

5.4.3 Terbuthylazin

Vzorec: C₉H₁₆ClN₅ [44]



Obr. 5.10 Chemický vzorec terbuthylazinu [44]

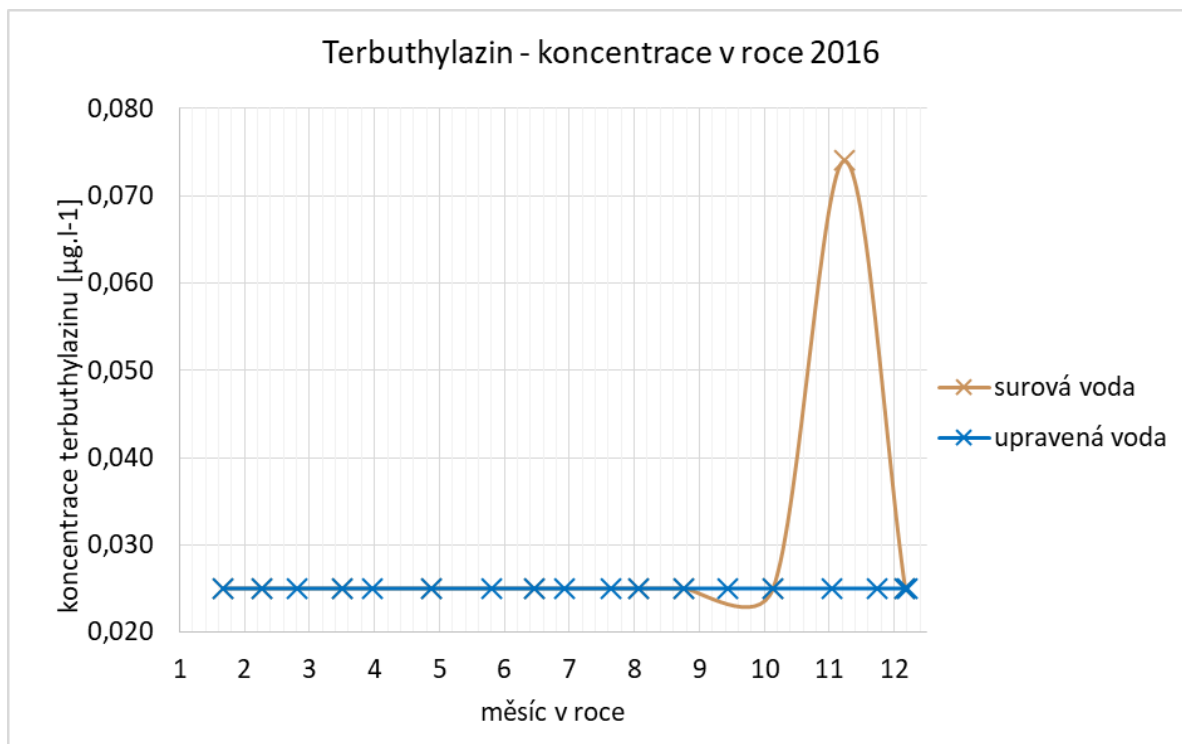
Terbuthylazin je opět selektivní systémový herbicid s účinky jako isoproturon nebo chlortoluron.

Používá se k odstranění plevelnatých rostlin v čiroku, citrusech, kukuřici, ve vinicích a sadech stejně tak i v lesním hospodářství. Hlavní využití je v sousedních zemích (Německo, Rakousko), u nás převážně při pěstování kukuřice. [44] [45]

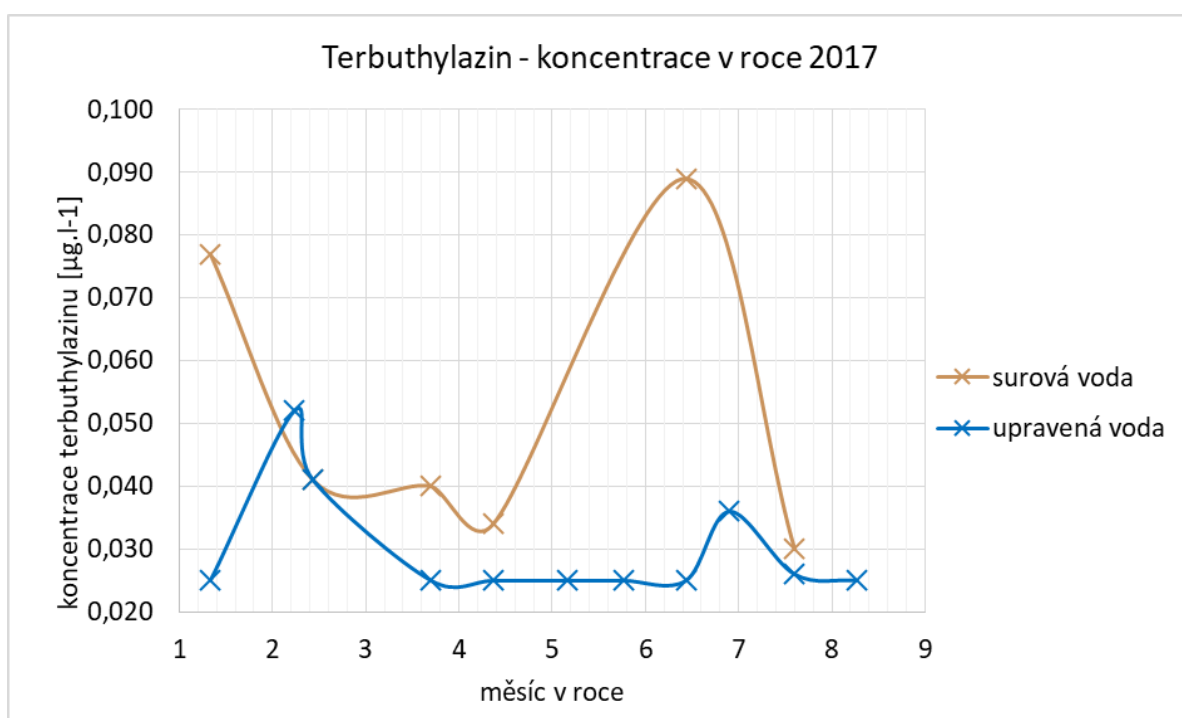
Tato látka má nízký potenciál co se týká akumulace nebo koncentračního faktoru. Poločas rozpadu jsou v tomto případě desítky dnů až měsíce. [45]

Rok 2015 byl na výskyt této látky nevýznamný, pohyboval se od 0,025 do 0,030 µg.l⁻¹, jediný výkyv v tomto intervalu byl 0,054 µg.l⁻¹ v lednu roku 2015. Až na tento skok téměř na dvojnásobek běžného průměru nebyly naměřeny žádné jiné výkyvy.

V letech 2016 a 2017 je možné sledovat zvýšení koncentrace látek s narůstající tendencí. V roce 2016 je vidět ztrojnásobení hodnoty naměřené látky v surové vodě. V roce 2017 dosáhne tato hodnota maxima v letních měsících, kdy se dá předpokládat tento nárůst koncentrace z důvodu suchého léta s minimem srážek.



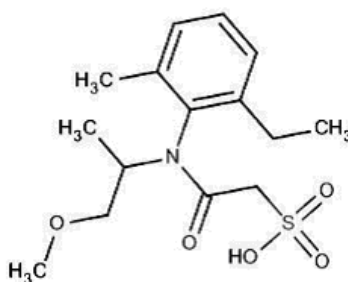
Obr. 5.11 Koncentrace terbuthylazinu v roce 2016



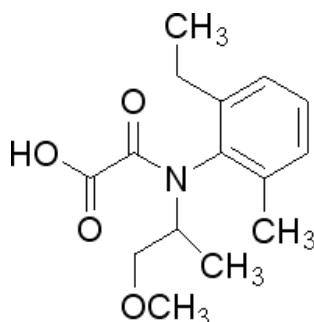
Obr. 5.12 Koncentrace terbuthylazinu v roce 2017

5.4.4 Metolachlor ESA a metolachlor OA

Vzorec: $C_{15}H_{23}NO_5S$ [46] a $C_{15}H_{21}NO_4$ [47]



Obr. 5.13 Chemický vzorec metolachloru ESA [46]



Obr. 5.14 Chemický vzorec metolachloru OA [47]

Od roku 2005 se používá hojně herbicid S-metolachlor jako náhražka za zakázaný herbicid atrazin. S-metolachlor tvoří hlavní metabolit metolachlor ESA. [48]

Samotný S-metolachlor má čtyři deriváty (metabolity), nejčastěji se však objevuje právě metolachlor ESA a metolachlor OA (viz níže). Oba tyto deriváty jsou odolnější vůči mikrobiálnímu rozkladu než původní herbicid. Naopak ale oba deriváty jsou dle U.S. Environmental Protection Agency (Agentura pro ochranu životního prostředí USA; EPA) méně toxické než původní herbicid, zatím alespoň žádné toxické nebo nežádoucí účinky na lidský organismus nebyly zaznamenány. [49]

Metolachlor ESA je zaznamenán na konkrétní úpravně vody již od roku 2015 až do letošního roku. Na rozdíl od předešlých pesticidních látek je tato na velmi vysoké úrovni koncentrace. V letech 2015 a 2016 tato koncentrace se pohybovala kolem $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$, v letošním roce je vidět relativně velký úbytek hodnot, téměř na polovinu koncentrací z předešlých let a to jak na vstupní surové vodě, tak i na výstupu z technologické linky úpravní.

Metolachlor OA nebyl v roce 2015 a v roce 2017 naměřen vůbec, jeho koncentrace byla naměřena pouze v roce 2016. Na rozdíl od metolachloru ESA, kde křivky byly spíše náhodného tvaru, metolachlor OA se ve zdroji vody objevil spíše v teplejší části roku a to od dubna do října. Tento jev je pravděpodobně způsoben hojným využitím S-metolachloru

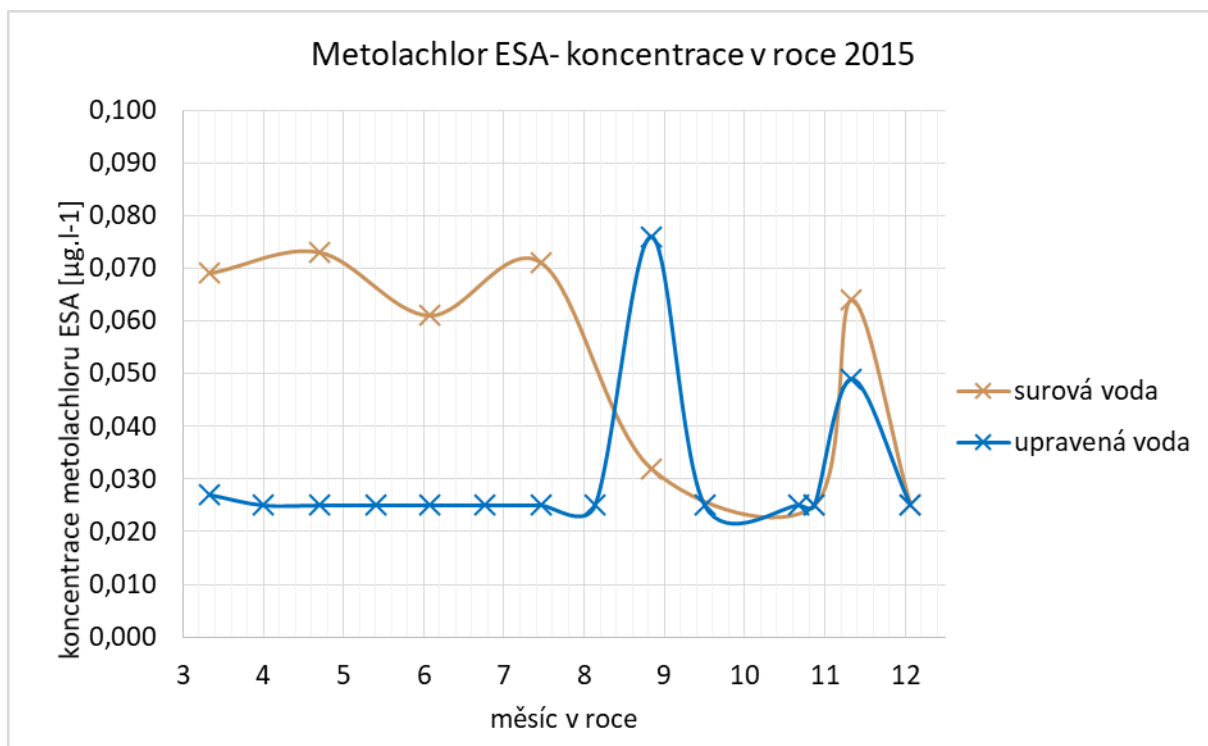
v zemědělství, kde podobnou křivku na vyšší úrovni koncentrace ve stejný rok můžeme vidět v těchto měsících i u metolachloru ESA.

V grafech pro metolachlor ESA je vidět, že křivka pro upravenou vodu dosahuje vyšších hodnot než na vstupu. Tento problém je ve většině případů kvůli chybějícím datům pro koncentrace na vstupu do úpravní pro surovou vodu. V dubnu 2017 ale jsou obě data naměřená. Předpokládám, že došlo k záměně vzorků nebo nepřesnému měření dané látky. Data z října 2015 nebyla do výpočtu zahrnuta kvůli velmi velké odchylce od ostatních dat ($1 \mu\text{g.l}^{-1}$). To stejné bylo provedeno u metazachloru OA a ESA. Předpokládám chybu měření.

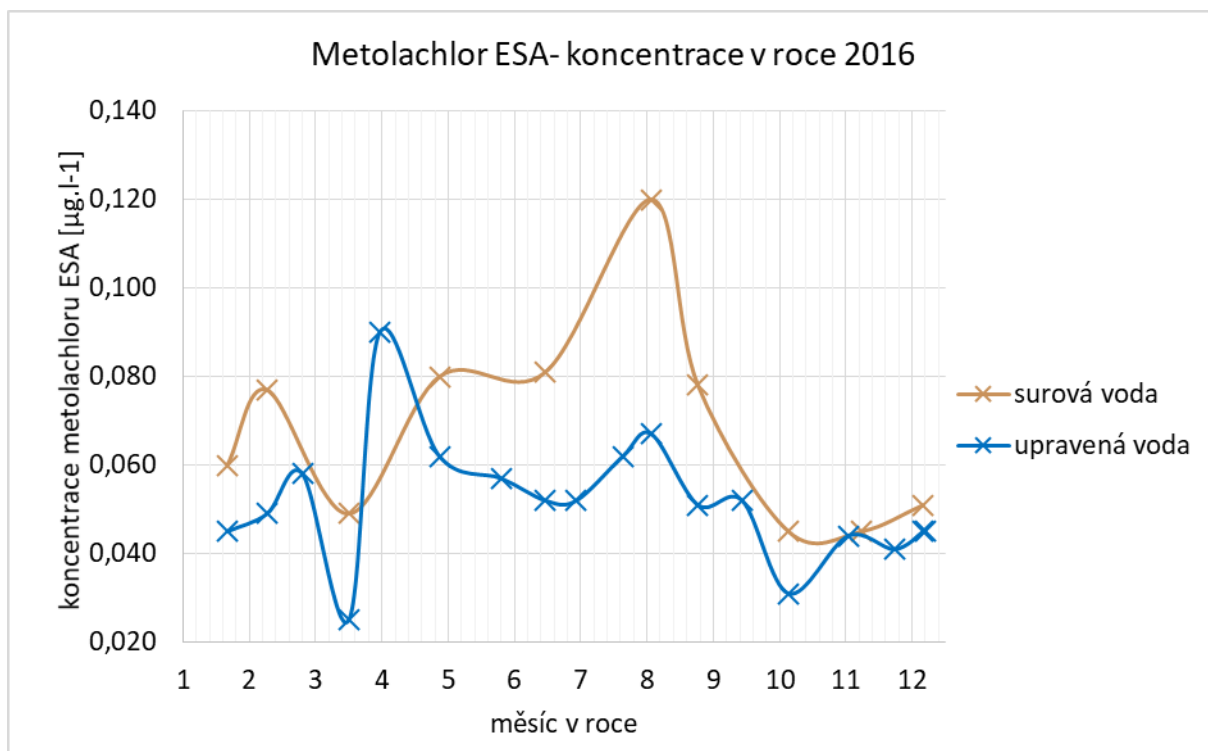
V případech jako na konci srpna 2015 u metolachloru ESA došlo pravděpodobně k záměně vzorků na vstupu a výstupu, v jiných případech chybí data z daného dne na vstupu do úpravní vody (např. duben 2016 u metolachloru ESA), proto se nedá přesně říci, zda byla koncentrace na výstupu z úpravní větší než na vstupu do ní. U jiných vzorků jsem provedla pod grafem reálných dat grafické znázornění dat s redukcí termínů, kdy byla provedena analýza vzorků buď jen na vstupu, nebo na výstupu z úpravní. Tímto se počet naměřených dat limitoval pouze na dny, kdy byly provedeny analýzy obou vzorků.

Dle Obr. 5.18 Koncentrace metolachloru ESA s redukcí dat v roce 2017 je ale zřejmé, že přesto muselo dojít k chybě měření. Hlavně v termínech, kdy byla koncentrace na výstupu z úpravní vyšší než na vstupu do ní. V tomto případě předpokládám opět prohození vzorků nebo záměnu dat. Hlavně proto, že při prohození dat na vstupu a výstupu například u metolachloru ESA v dubnu a červnu 2017 by obě křivky byly plynulejší.

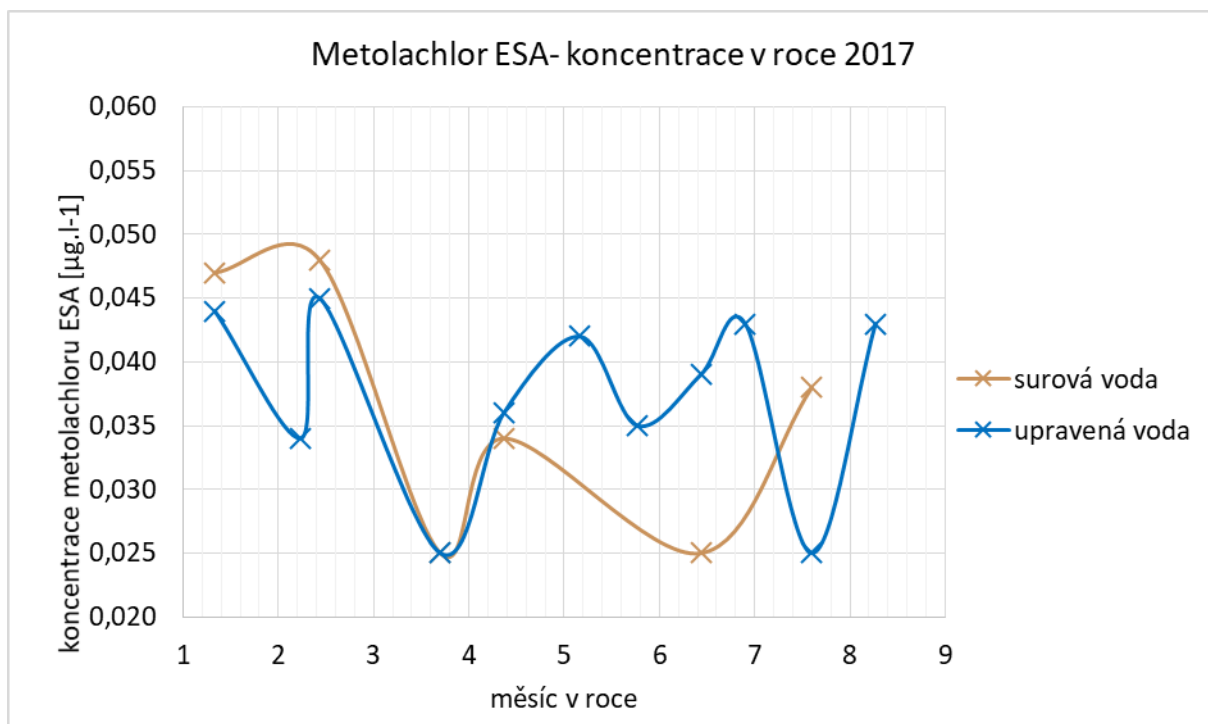
Samotný S-metolachlor byl naměřen od roku 2015 do roku 2017 jen jednou, a to v koncentraci $0,046 \mu\text{g.l}^{-1}$ v červnu 2017. Proto jsem ho do vybraných naměřených látek neuváděla.



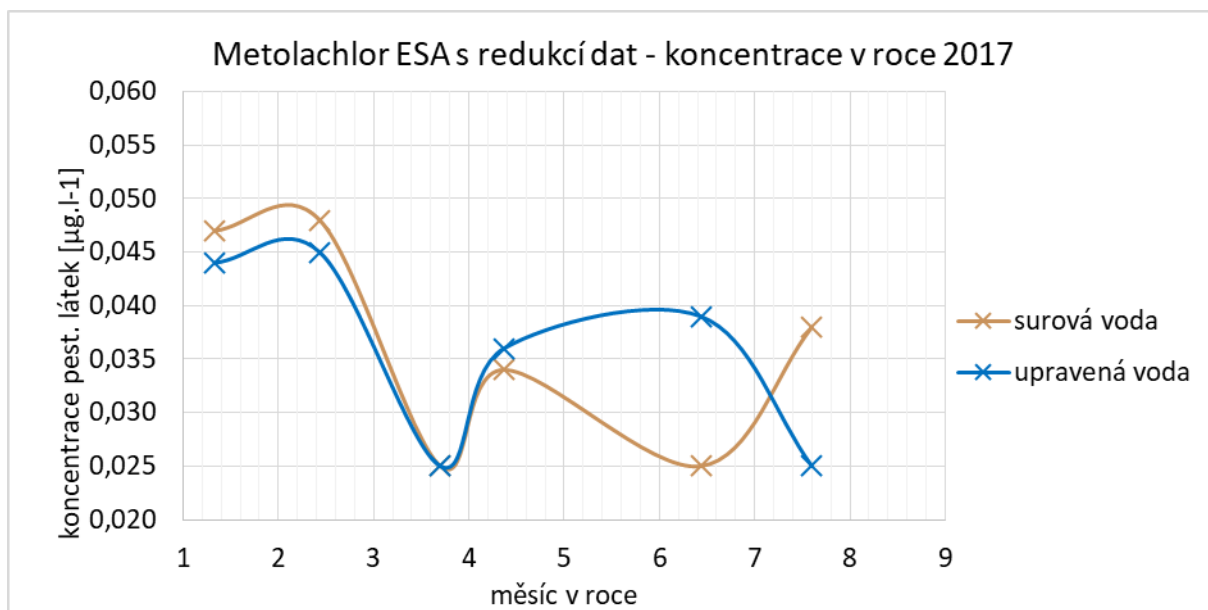
Obr. 5.15 Koncentrace metolachloru ESA v roce 2015



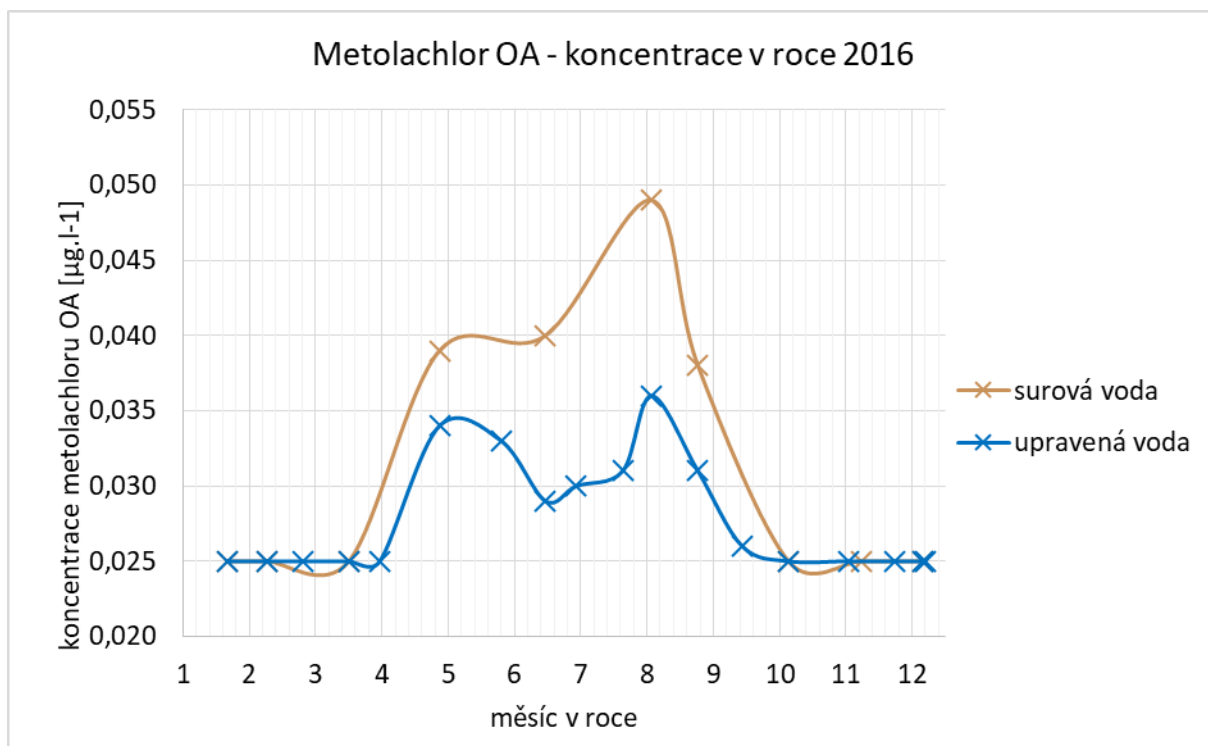
Obr. 5.16 Koncentrace metolachloru ESA v roce 2016



Obr. 5.17 Koncentrace metolachloru ESA v roce 2017



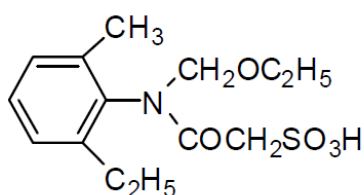
Obr. 5.18 Koncentrace metolachloru ESA s redukcí dat v roce 2017



Obr. 5.19 Koncentrace metolachloru OA v roce 2016

5.4.5 Acetochlor ESA

Vzorec: $C_{14}H_{21}NO_5S$ [50]



Obr. 5.20 Chemický vzorec acetochloru ESA [50]

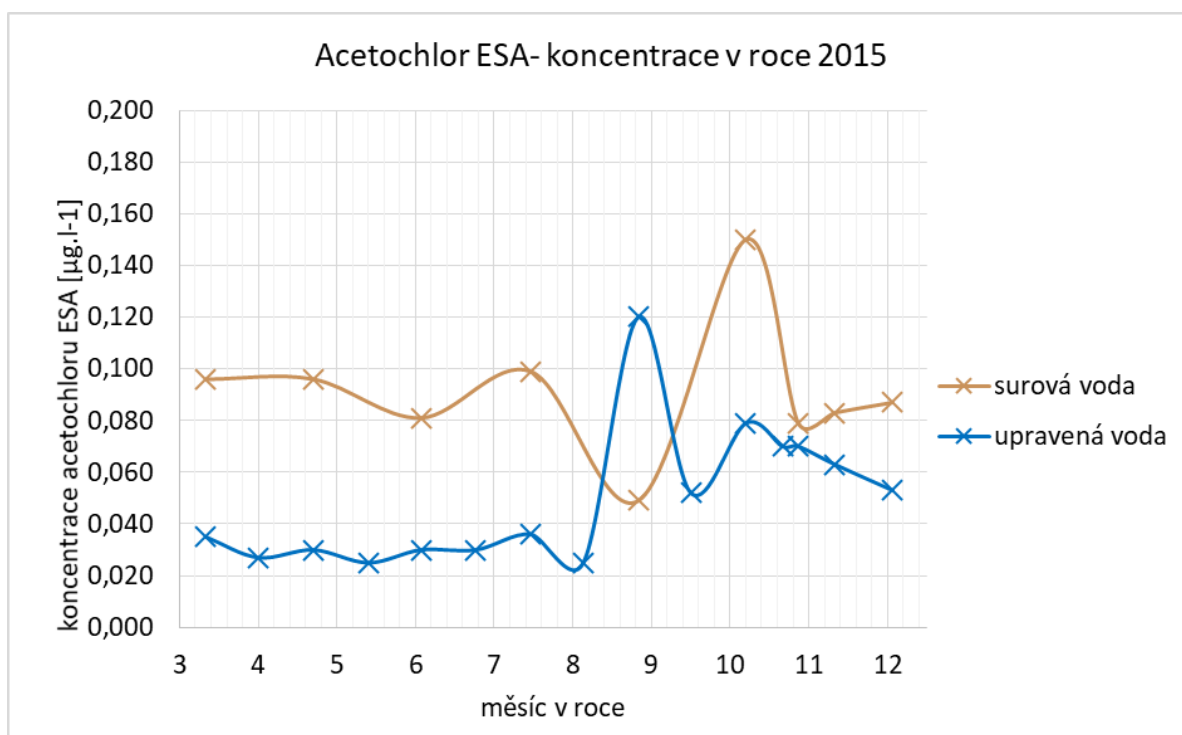
Acetochlor se používá pro většinu trav jako herbicid, ale také v zemědělské činnosti pro ochranu a růst různých druhů zeleniny, například zelí, citrusů, káv, ale také má využití ve vinicích nebo při pěstování bavlny. [51]

Samotná látka je málo půdou absorbována, hlavně se zachytává rostlinami. Její rozklad je hlavně způsoben mikrobiálními pochody. [51]

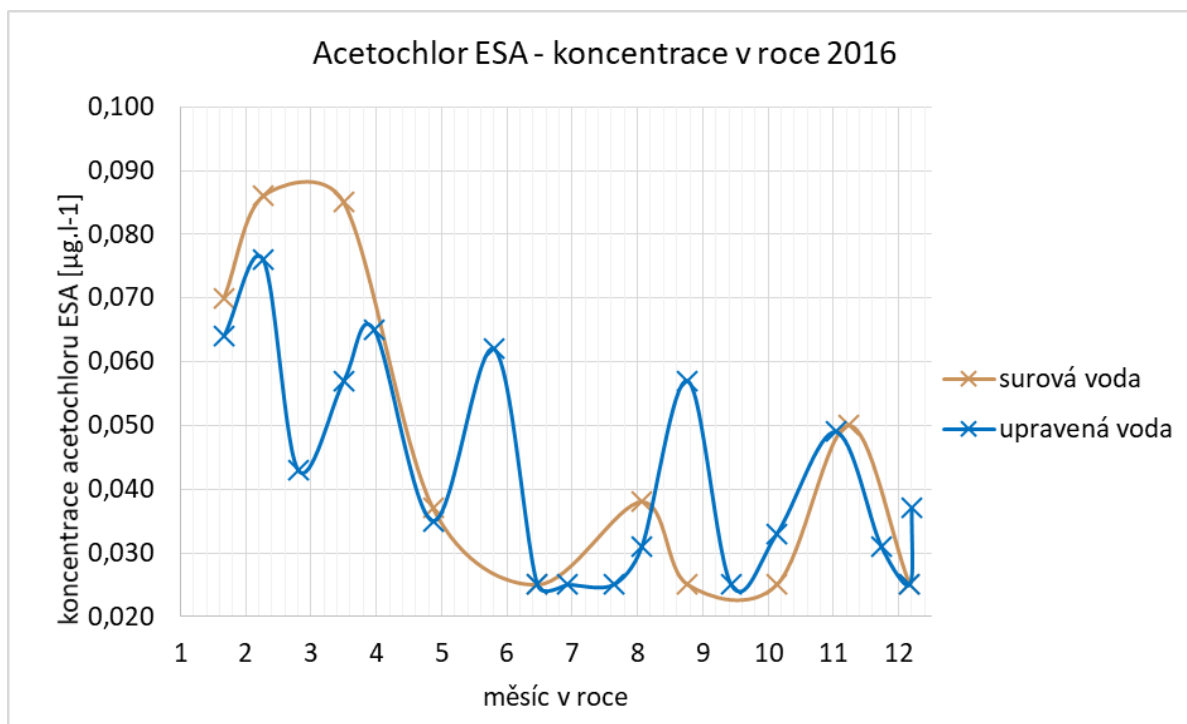
Při vystavení dlouhodobého působení této látky může dojít k mutagenním, karcinogenním účinkům. Pro vyšší organismy je málo toxický, střední toxicita byla zaznamenána hlavně u včel. [51]

V případě acetochloru ESA na konci srpna 2015 byl zaznamenán opět výkyv dat, kdy upravená voda měla téměř dvakrát vyšší koncentraci látky než na vstupu a překročila hodnotou $0,12 \mu\text{g.l}^{-1}$ i hranici $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ pro jednotlivé pesticidní látky dané vyhláškou ministerstva zdravotnictví, jak bylo zmíněno na začátku kapitoly.

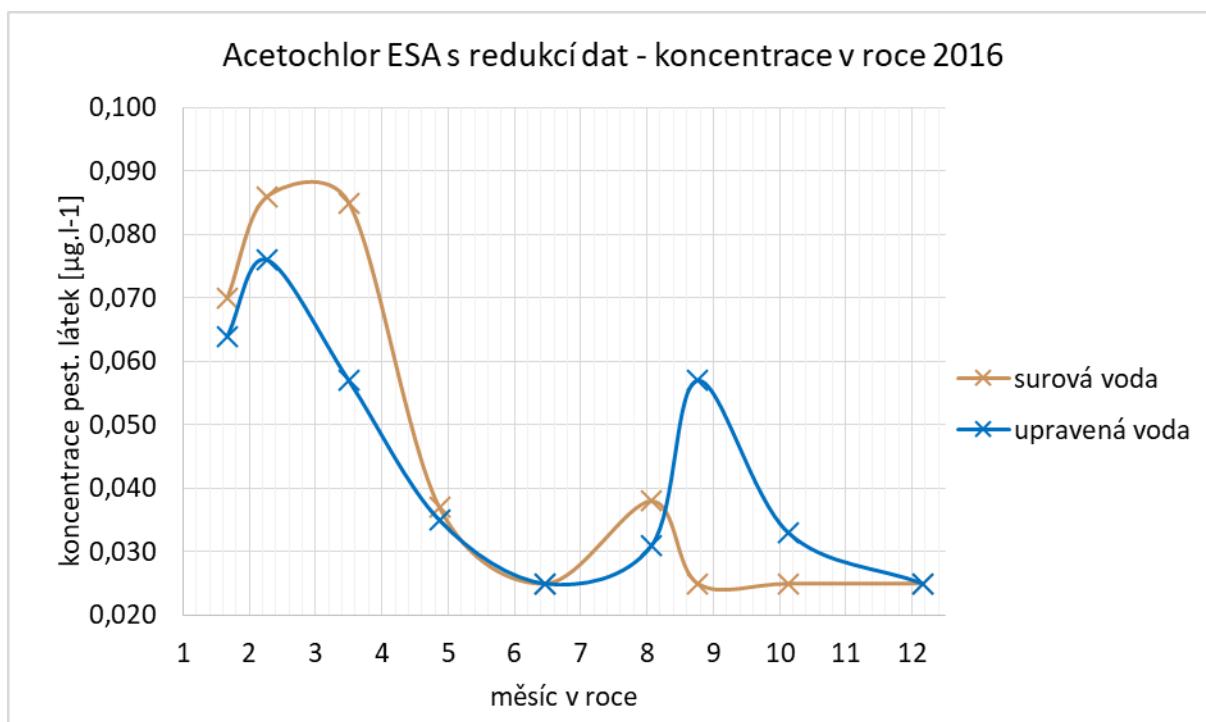
I s redukcí dat došlo u této látky ke stejnému problému jako o metolachloru ESA, kdy koncentrace na výstupu byla vyšší než na vstupu do úpravně. V roce 2015 to znamenalo opětovné překročení NMH pro pesticidní látky. Stejná záměna byla v roce 2016 a 2017, ale nedošlo k překročení NMH. Opět se dá předpokládat záměna vzorků nebo dat. I přes vytvoření grafického znázornění s redukcí dat jako v případě metolachloru ESA je zajímavé, že přesto k anomálii dochází.



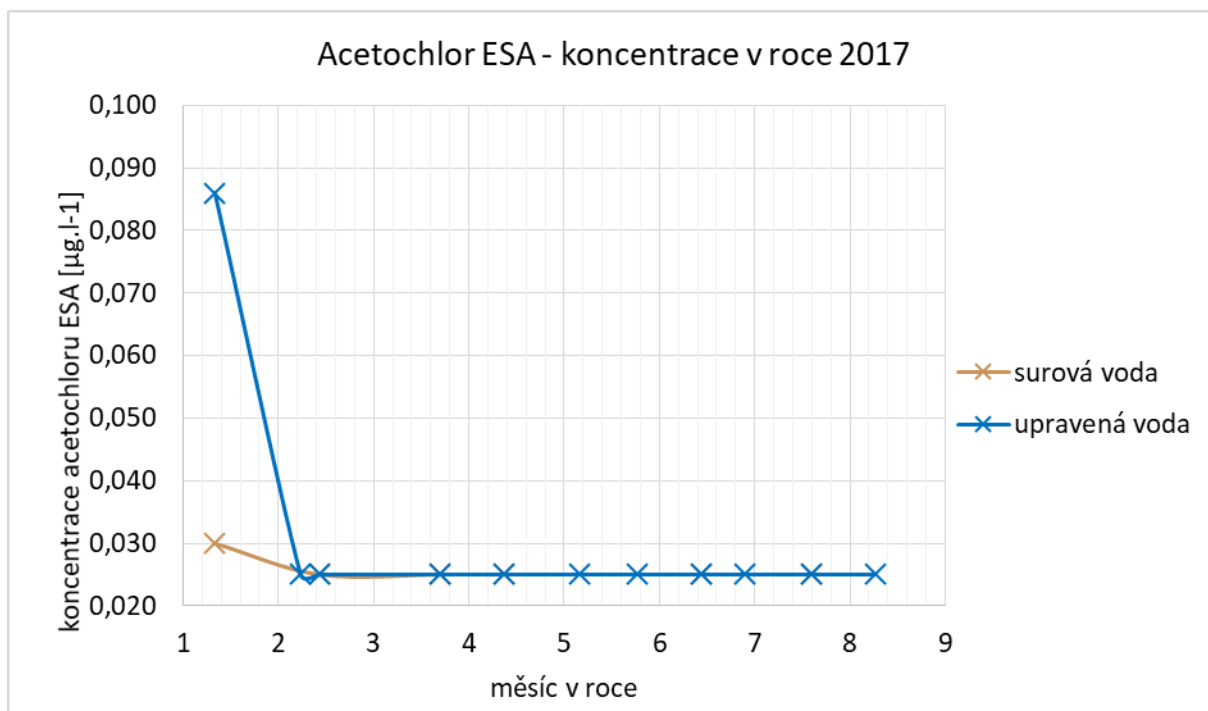
Obr. 5.21 Koncentrace acetochloru ESA v roce 2015



Obr. 5.22 Koncentrace acetochloru ESA v roce 2016



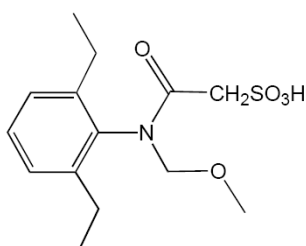
Obr. 5.23 Koncentrace acetochloru ESA s redukcí dat v roce 2016



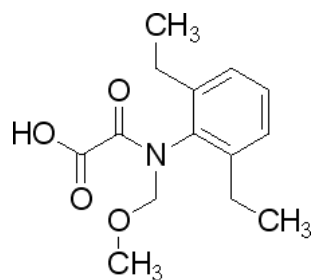
Obr. 5.24 Koncentrace acetochloru ESA v roce 2017

5.4.6 Alachlor ESA a alachlor OA

Vzorec: $C_{14}H_{21}NO_5S$ [52] a $C_{14}H_{19}NO_4$ [53]



Obr. 5.25 Chemický vzorec alachloru ESA [52]



Obr. 5.26 Chemický vzorec alachloru OA [53]

Alachlor obecně je herbicid používaný k likvidaci plevelů. Jde o herbicid silně toxický pro vodní organismy a je také schopen bioakumulace v potravních řetězcích. [54]

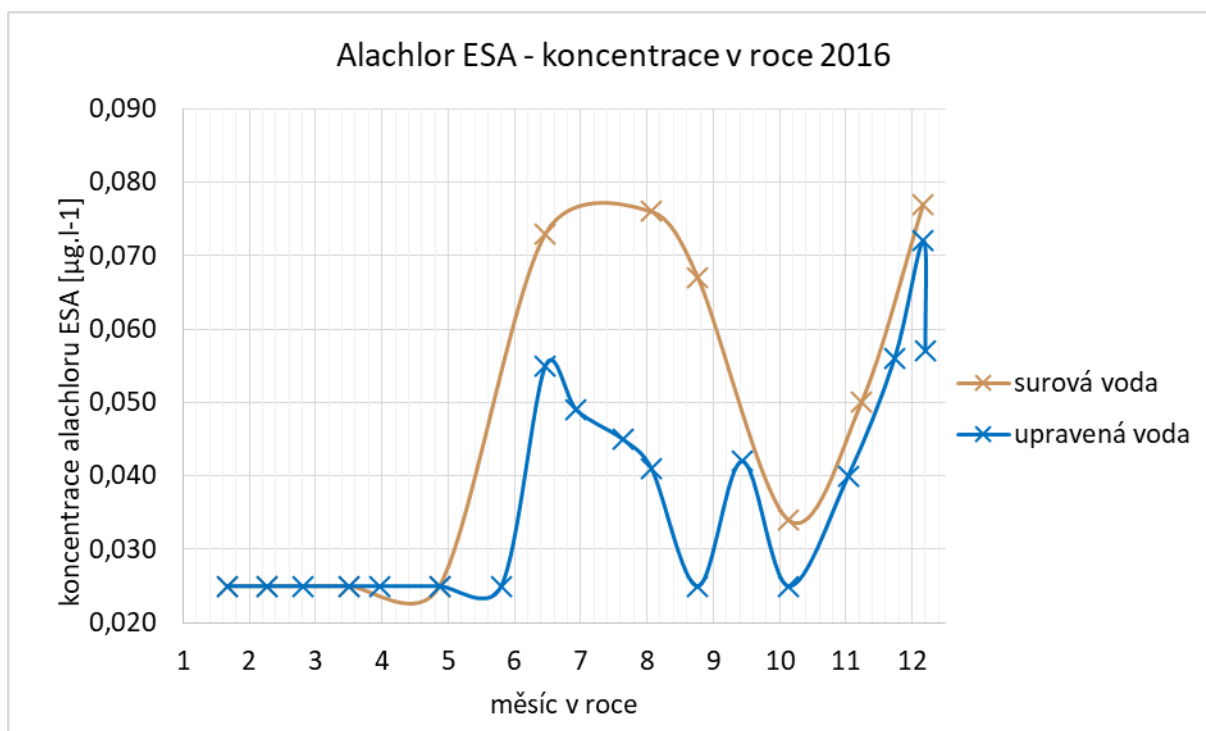
Na konkrétní úpravě byly zjišťovány jak samotný alachlor, tak jeho metabolity alachlor ESA a alachlor OA. Koncentrace alachloru ale nebyla naměřena nad hranici zjistiitelnosti měřících zařízení.

Na trhu se objevuje na trhu už od roku 1975. V ČR patří alachlor mezi nejvíce používané pesticidy, drtivá většina byla používána při pěstování řepky. [54]

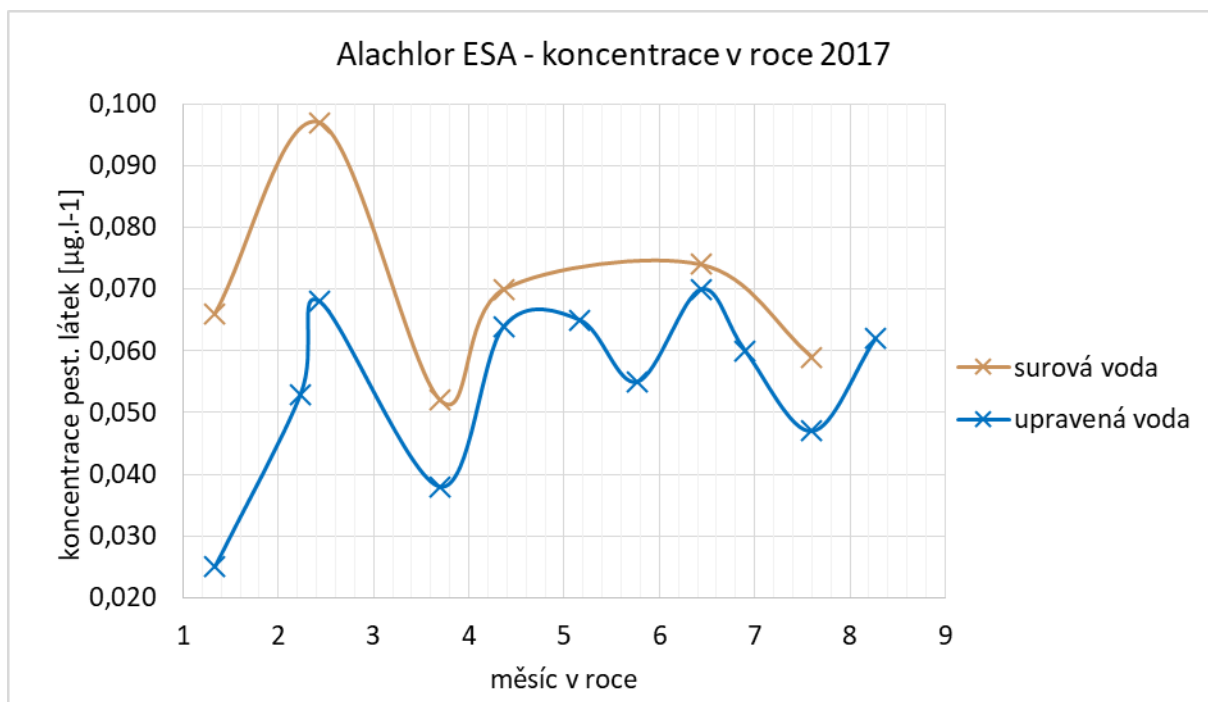
Pro své negativní účinky je v řadě zemí v současnosti zakázán, včetně EU. Jedná se hlavně o karcinogenní účinky a může docházet pro edokrimního systému, jater a ledvin. Silně toxický je hlavně při vdechnutí nebo přímém kontaktu látky s pokožkou. [54]

Alachlor ESA nebyl v roce 2015 vůbec na konkrétní úpravně zaznamenán, alachlor OA byl zaznamenán až v roce 2017. Průběhy koncentrací nejsou zajímavé, až na rok 2017 v případě alachloru OA.

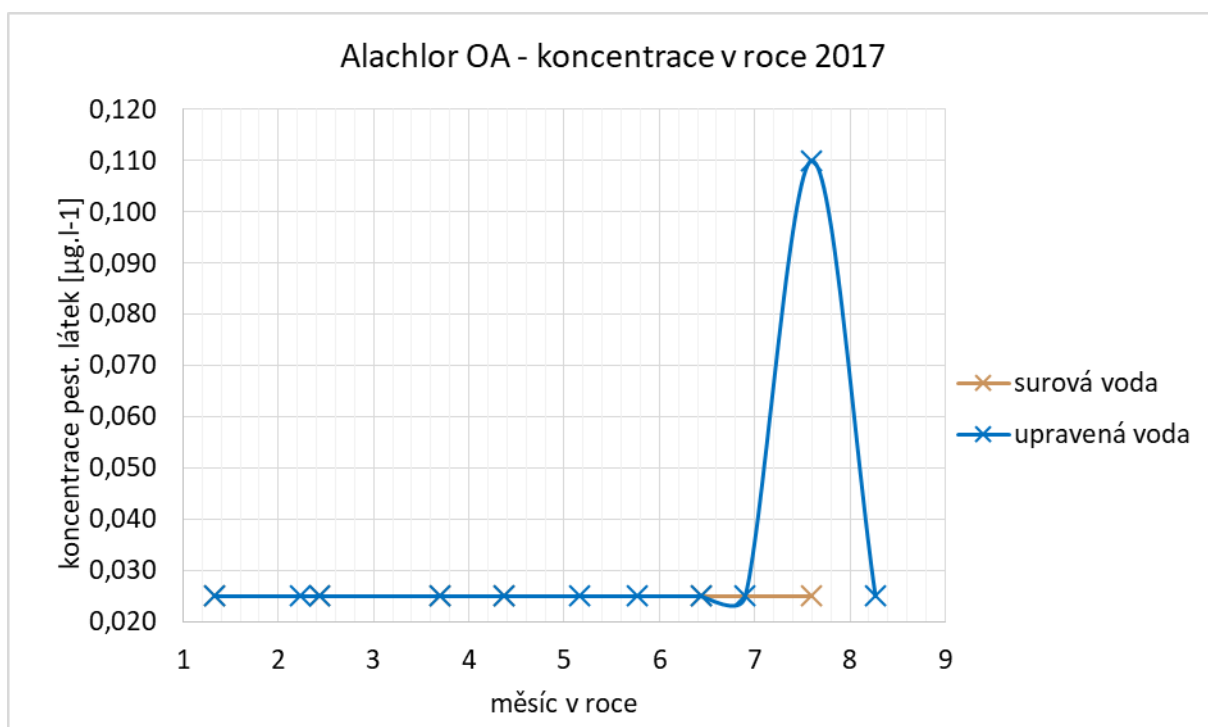
V červenci 2017 byla zaznamenána nadlimitní koncentrace $0,11 \mu\text{g.l}^{-1}$ derivátu OA. Překročení NMH bylo opět pouze na výstupu z úpravně, nicméně v surové vodě měřicí přístroje nenaměřily koncentraci nad $0,025 \mu\text{g.l}^{-1}$. Předpokládám opět záměnu, případně chybu v měření.



Obr. 5.27 Koncentrace alachloru ESA v roce 2016



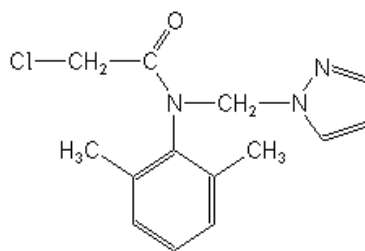
Obr. 5.28 Koncentrace alachloru ESA v roce 2017



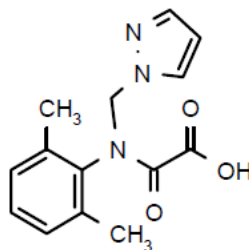
Obr. 5.29 Koncentrace alachloru OA v roce 2017

5.4.7 Metazachlor ESA a metazachlor OA

Vzorec: $C_{14}H_{16}ClN_3O$ [55] a $C_{14}H_{15}N_3O_3$ [56]



Obr. 5.30 Chemický vzorec metazachloru ESA [55]



Obr. 5.31 Chemický vzorec metazachloru OA [56]

Metazachlor a jeho metabolické produkty jsou hojně využívaným herbicidem. Ve vodách se může objevovat v koncentracích několika desítek nebo stovek $\mu\text{g.l}^{-1}$. Využívá se v zemědělství jako součást hnojiv na polích s kukuřicí, bramborami, jahodami, cukrovou třtinou nebo například slunečnicemi. [57]

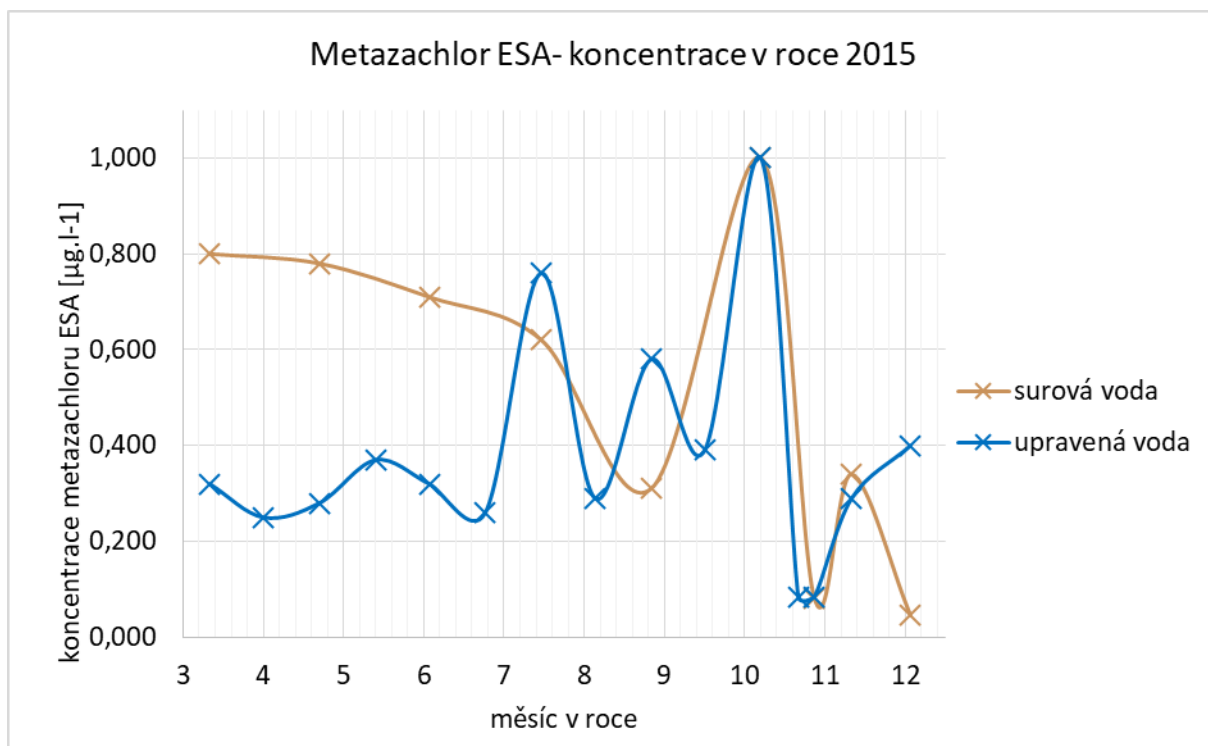
Metazachlor není nebezpečný pro půdní organismy, ale je středně toxický pro vodní organismy. Nejhuře reagují na tyto látky pstruzi nebo zelené řasy. [57]

V případě metazachloru (konkrétně obou metabolických produktů) jsem musela v několika případech provést grafické znázornění s ohledem na získaná data. Stejně jako v předchozích případech je jasné vidět efekt způsobený odstraněním dat vzorků, které nebyly získané jak na výstupu, tak na vstupu v jeden den.

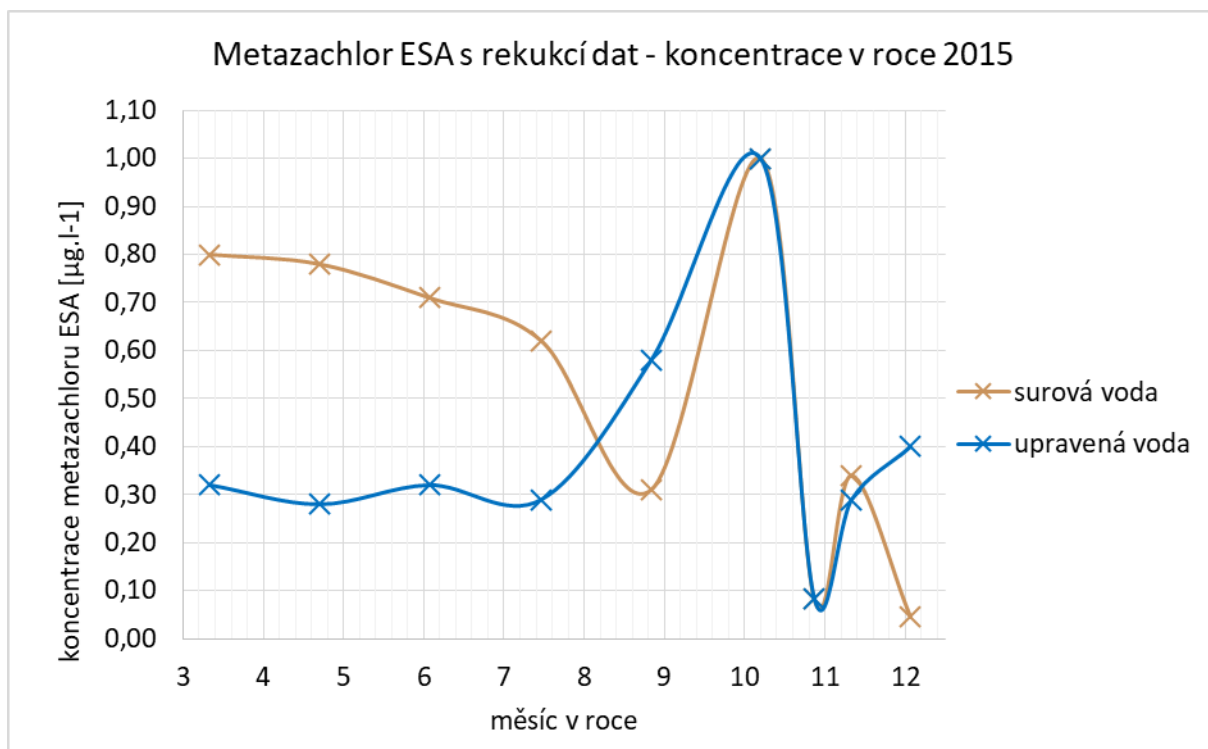
Například metazachlor ESA v roce 2015 s redukcí dat dle Obr. 5.33 Koncentrace metazachloru ESA s redukcí dat v roce 2015 v druhé polovině roku znázorňuje vyšší koncentrace na výstupu z úpravní než na jejím vstupu. Křivka je ale o mnoho plynulejší.

S ohledem na tyto grafická znázornění těchto látek s redukcí dat je jasné vidět, že chybějící data na vstupu do úpravní, tj. surové vody, zde hrají významnou roli. Nelze tedy jasně říci, zda zde byla chyba měření nebo s odběrem vzorků. Je totiž pravděpodobné, že koncentrace na vstupu do úpravní byla o mnoho vyšší, než jak je znázorněno křivkou, která tyto data postrádá.

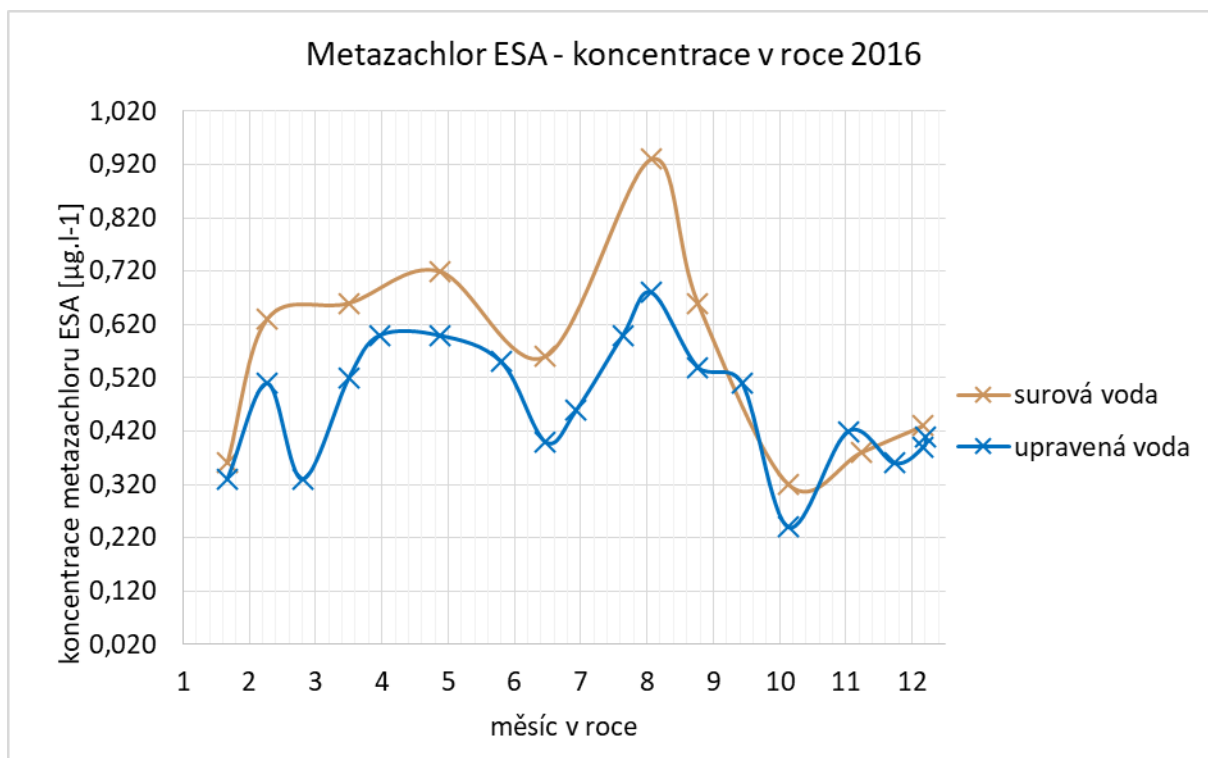
Metazachlor byl naměřen jen v lednu 2015 pod hranicí $0,07 \mu\text{g.l}^{-1}$ a to hned dvakrát. Nicméně v dalších měsících ani letech naměřen jeho výskyt nebyl, neviděla jsem tedy důvod tuto látku zařadit mezi vybrané PL.



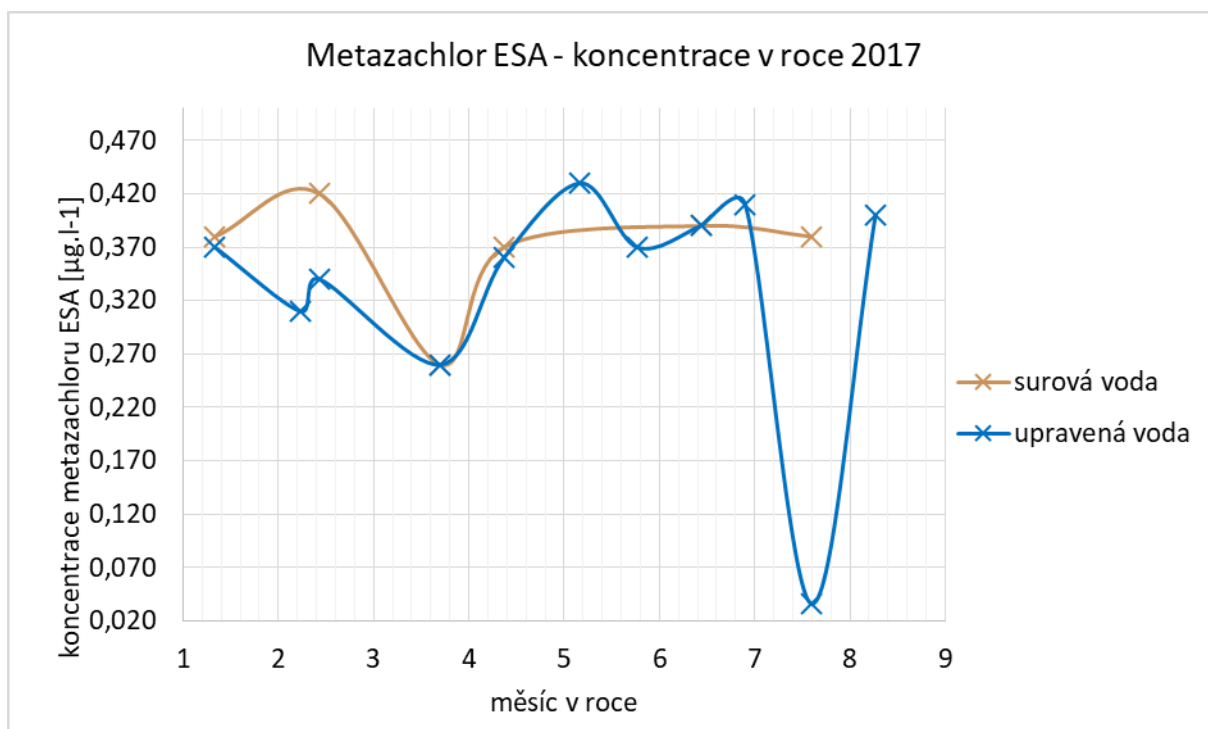
Obr. 5.32 Koncentrace metazachloru ESA v roce 2015



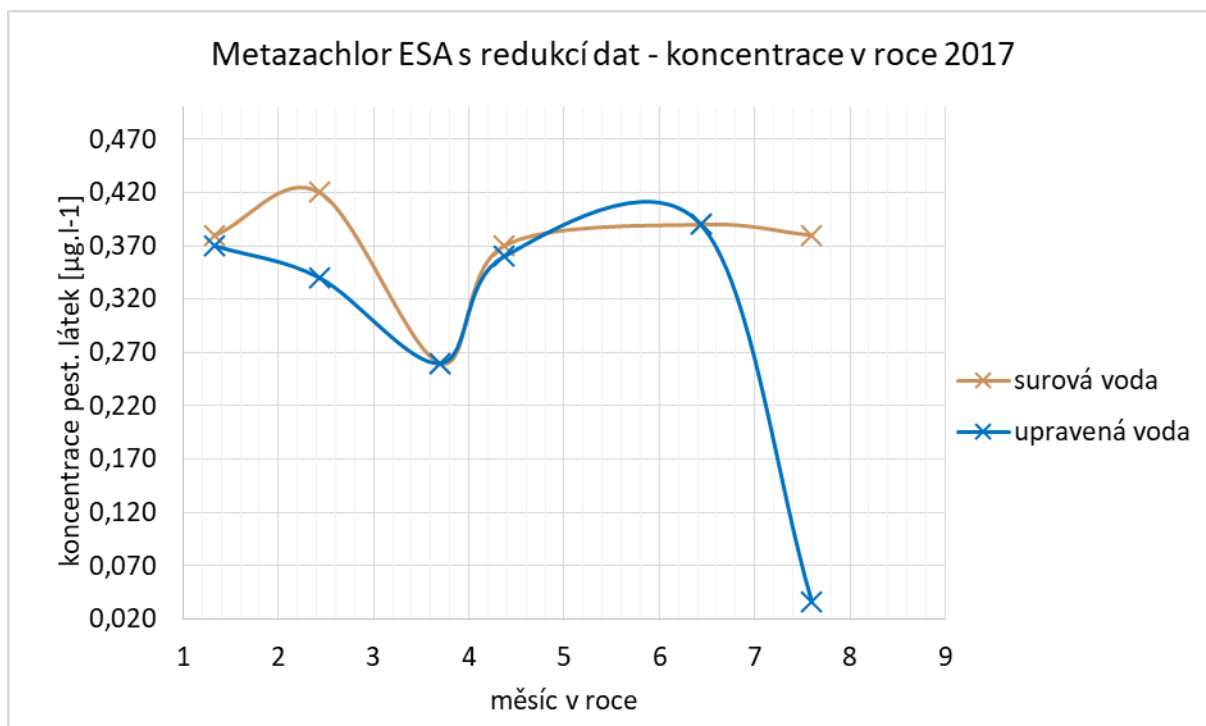
Obr. 5.33 Koncentrace metazachloru ESA s redukcí dat v roce 2015



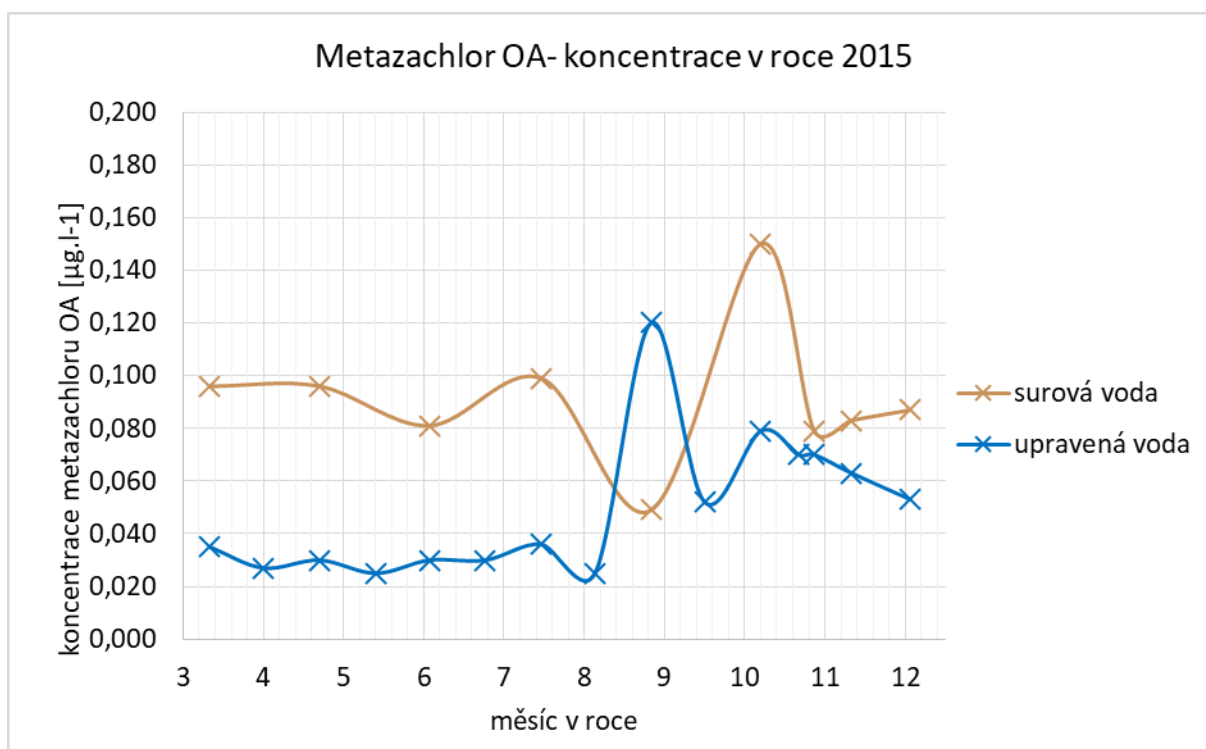
Obr. 5.34 Koncentrace metazachloru ESA v roce 2016



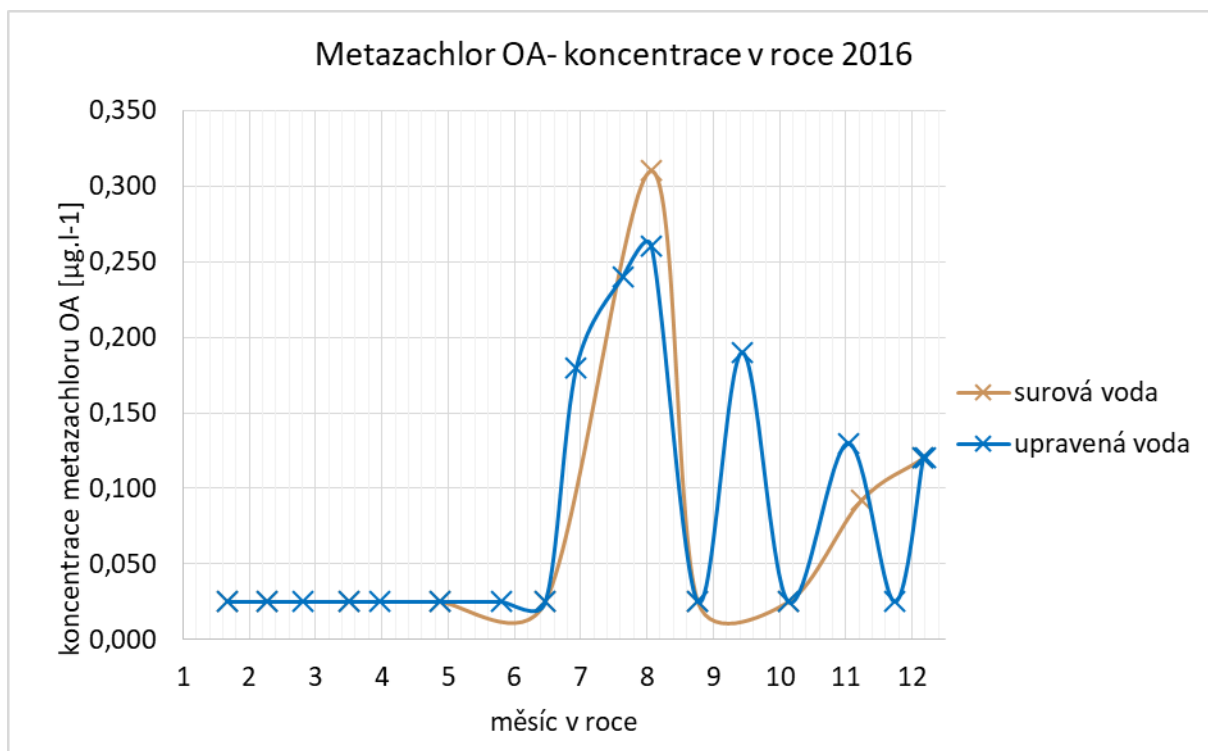
Obr. 5.35 Koncentrace metazachloru ESA v roce 2017



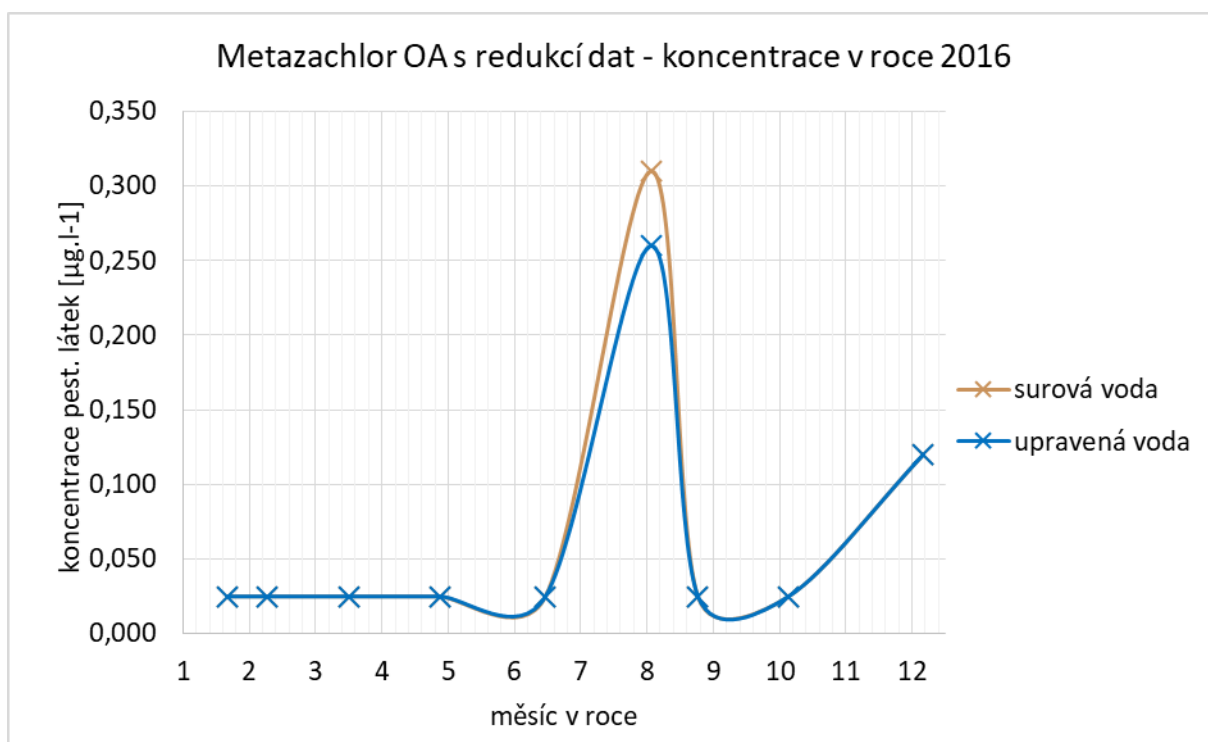
Obr. 5.36 Koncentrace metazachloru ESA s redukcí dat v roce 2017



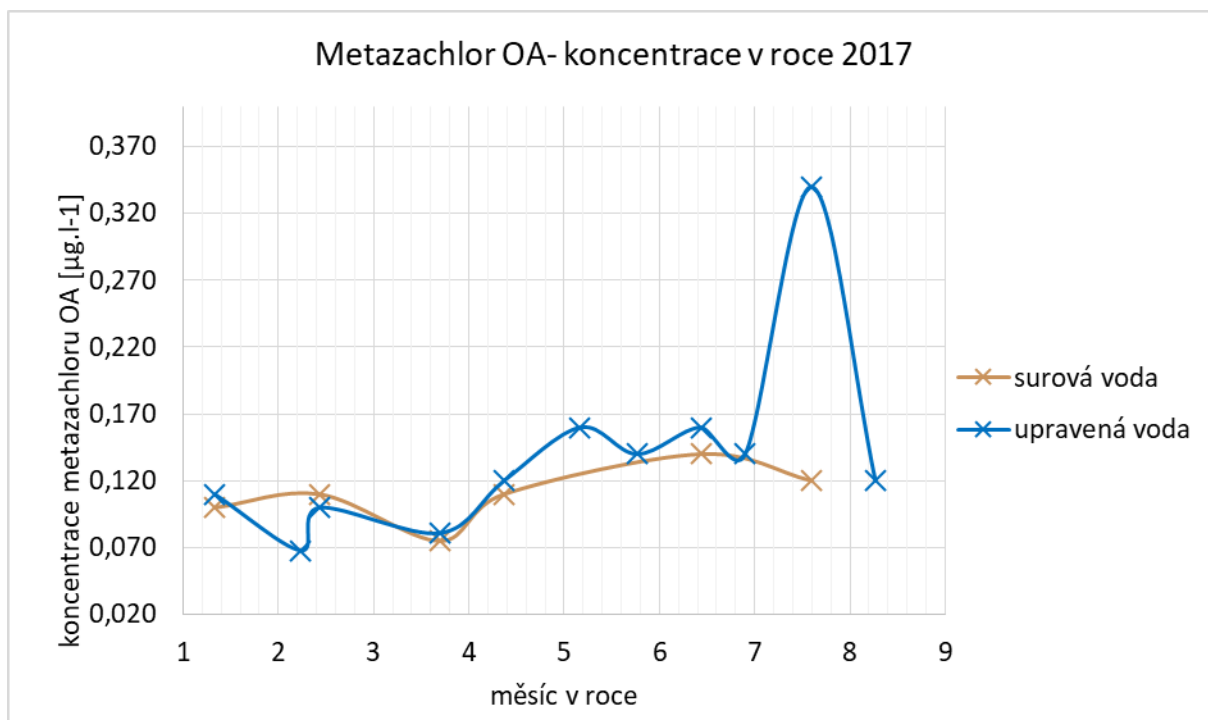
Obr. 5.37 Koncentrace metazachloru OA v roce 2015



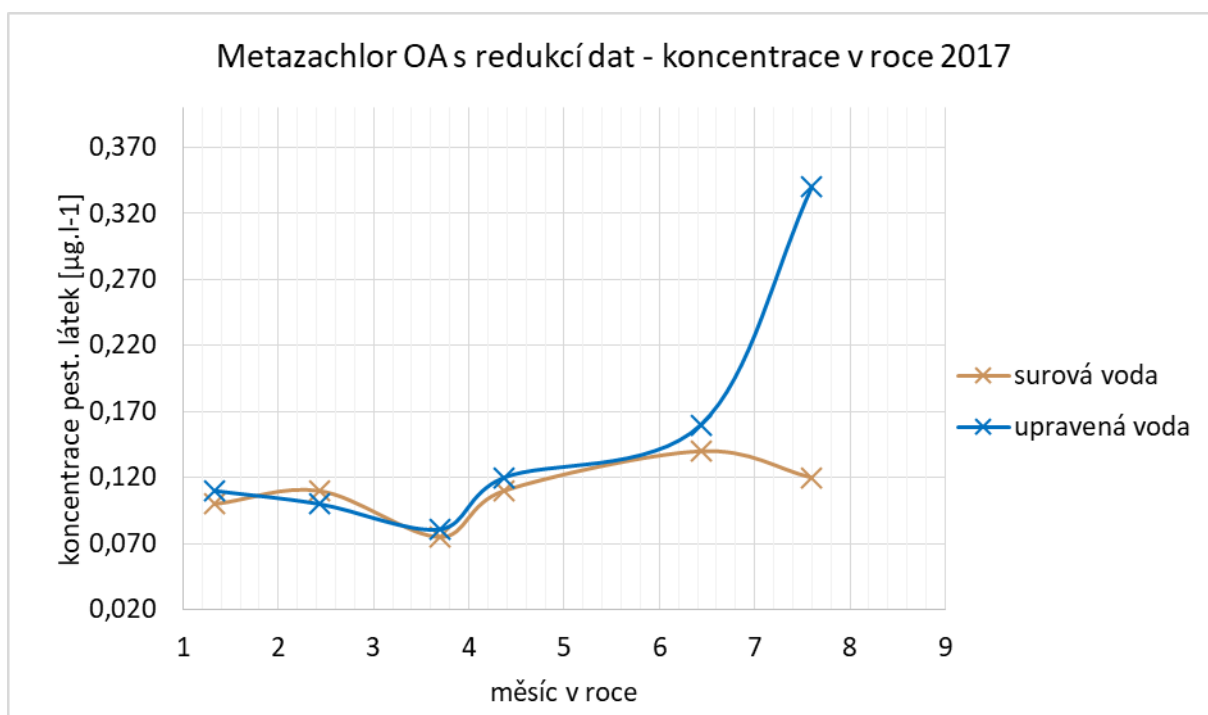
Obr. 5.38 Koncentrace metazachloru OA v roce 2016



Obr. 5.39 Koncentrace metazachloru OA s redukcí dat v roce 2016



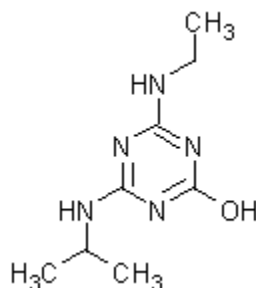
Obr. 5.40 Koncentrace metazachloru OA v roce 2017



Obr. 5.41 Koncentrace metazachloru OA s redukcí dat v roce 2017

5.4.8 Atrazine (skupina -hydroxy)

Vzorec: $C_8H_{15}N_5O$ [58]



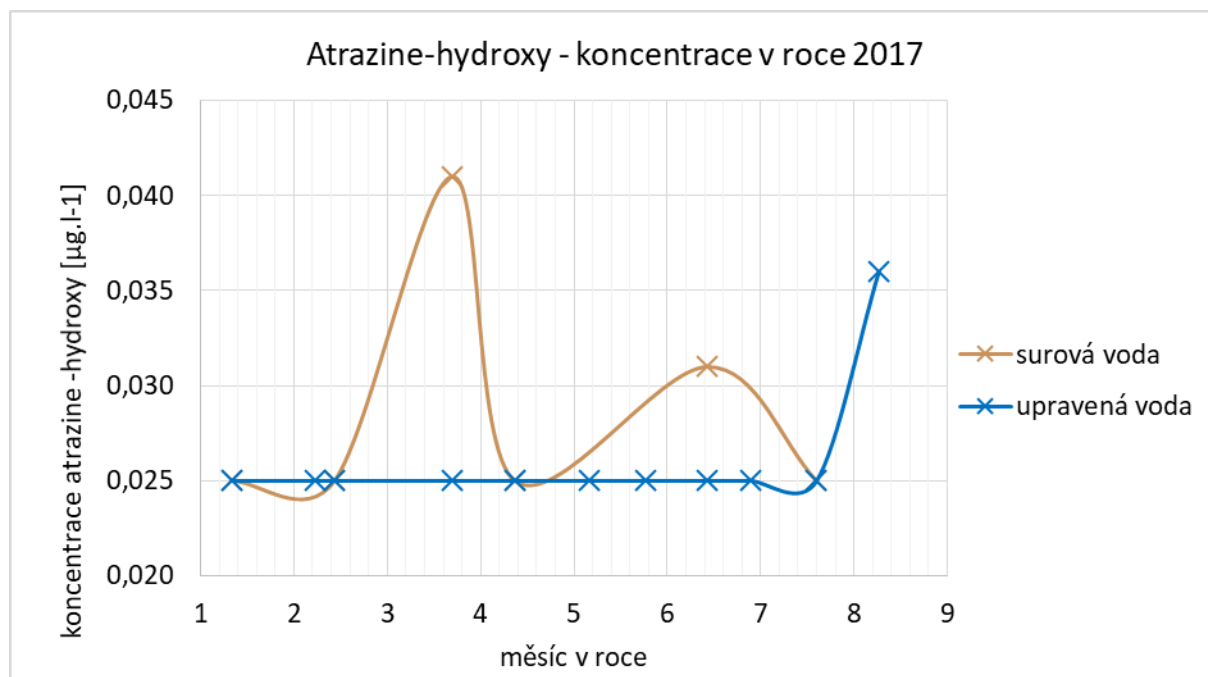
Obr. 5.42 Chemický vzorec atrazine (skupina hydroxy) [58]

Atrazin obecně je syntetický herbicid používaný proti plevelům při pěstování kukuřice, cukrové třtiny nebo také v lesnictví. V ČR již není registrován a od roku 2005 je v celé EU zakázán, v USA se dodnes používá. U nás je nejčastěji jako jeho náhrada používán acetochlor. [59]

Jedná se o další herbicid, který má dle monitoringu zemědělských půd v České republice relativně vysoký výskyt a to 29% pozitivních nálezů ze všech půdních vzorků. [60]

Atrazine, konkrétně skupina hydroxy, byla poprvé naměřena v říjnu 2015 s koncentrací $0,043 \mu.l^{-1}$ a až do jara 2017 nebyla měřicími přístroji zachycena.

Tato látka nebyla v letech 2016 naměřena, nicméně vzhledem k posledním poskytnutým datům (viz Obr. 5.39 Koncentrace atrazine-hydroxy v roce 2017) lze předpokládat, že její výskyt se bude zvyšovat i v roce 2018.



Obr. 5.43 Koncentrace atrazine-hydroxy v roce 2017

5.5 VYBRANÉ NENAMĚŘENÉ PESTICIDNÍ LÁTKY

Na dané úpravně nebylo naměřeno několik zástupců látek, které však je nutno zmínit hlavně z důvodu nebezpečnosti a škodlivosti. VAS a jiné orgány státní správy je však bedlivě sledují, proto se o nich v této práci alespoň zmíním. V této kapitole budou zmíněny i látky, které byly VAS doporučeny k dalšímu sledování, ale v rozsahu této práce měřeny nebyly.

Zástupce nebezpečných insekticidů a akaricidů je například **parathion**. Tato látka je vysoce toxická pro necílové organismy, hlavně lidi. Obecně se dá říci, že velmi silně narušuje nervový systém a metabolity této látky mohou být i mnohem nebezpečnější. EPA považuje parathion za možný karcinogen. Tato látka nebyla zatím VAS sledována. [61]

Méně škodlivá, ale stále nebezpečná, je také strukturálně podobná látka, **methyl-parathion**. Ten je používán na plodinách v zemědělství, hlavně pro pěstování bavlny. Na této látce je zajímavé, že je sice klasifikována dle WHO jako vysoce nebezpečná a zdraví škodlivá látka, ale není zatím považována za karcinogenní. VAS tuto látku také nesledovala. [62] [63]

Další vysoce nebezpečný insekticid je také **chlordekon**. Používá se především na plantážích banánů, citrusů nebo tabáku. Tato látka má velmi podobné vlastnosti jako DDT. Jedná se o karcinogenní látku, která poškozuje měkké tkáně, nervový systém, kůži nebo reprodukční orgány. U nás v ČR se nevyrábí ani nepoužívá. Jeho nebezpečnost spočívá v perzistenci a schopnosti hromadění se v potravním řetězci. V roce 2011 na konferenci Stockholmské úmluvy bylo rozhodnuto o jeho zařazení na černou listinu perzistentních látek. VAS tuto látku zatím nesleduje. [64]

Karbendazim je sledovanou látkou Vodárenskou akciovou společností. Jedná se o fungicid používaný k potlačení chorob zemědělských plodin. Několik studií prokázalo vliv na impotenci na laboratorních zvířatech. V USA je například zakázán. [65]

Dimethenamid-P je účinná látka několika pesticidních látek, hlavně herbicidů. Jedná se o látku zdraví škodlivou a škodlivou pro životní prostředí. Je vysoce toxický pro vodní organismy s dlouhodobými účinky, podezřelý na vyvolávání rakoviny a může vyvolávat alergickou kožní reakci. V rámci DP nebyla tato látka posuzována, protože její výskyt byl jen těsně nad hranicí detekovatelnosti a to jen dvakrát v lednu 2015. Šlo o koncentrace 0,044 a 0,033 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Vzhledem k tomu, že se jednalo pouze o surovou vodu a v dalších měsících ani letech se dále žádná koncentrace nenaměřila, nepovažovala jsem za podstatné dále se touto látkou zabývat. [66]

Mezi herbicidy, u kterých nebyl také zaznamenán výskyt, patří i **pendimethalin**. Ten je vysoce toxický pro ryby a vodní organismy, dále je prokázáno zvýšení rizika vzniku rakoviny slinivky. Přesto je celosvětově schválen a používán. [67] [68]

Látka, která 28. 6. 2017 bylo ukončeno uvádění na trh a o rok později bude i ukončeno používání v ČR, se nazývá **prochloraz**. Jedná se o fungicid, který je celosvětově používán prakticky po celém světě s výjimkou USA. Pro savce je nebezpečný, má totiž negativní vliv na hormonální soustavu, endokrinní systém a může způsobovat vývojové vady. [69] [70]

Jako zástupce nebezpečných insekticidů uvedu **chloropyrifos**. Používán byl převážně na některé členovce a hmyz. Je toxický pro vodní organismy a jeho bioakumulace v potravních řetězcích je také známá. Má velký vliv na hormonální soustavu a může ovlivňovat i funkce mozku a obecně nervové soustavy. [71]

Tebukonazol je další fungicid, který je zdraví člověka nebezpečný. Používá se pro ochranu obilovin a řepky olejky. Je toxický pro vodní organismy s dlouhodobými účinky, tak je u něho podezření na poškození reprodukčních schopností nebo poškození plodu v těle matky. [72]

Mezi látky s nízkou toxicitou, které VAS sleduje, patří také:

- **chloridazon**, neboli pyrazon, [73]
- **simazin**, [74]
- **hexazinon**, [75]
- **quimerac** (ten byl naměřen jen v lednu 2015 o koncentraci 0,05 $\mu\text{g.l}^{-1}$, proto nebyl v DP podrobněji řešen), [76]
- **MCPA** (naměřen byl jen v říjnu 2015 s koncentrací 0,035 $\mu\text{g.l}^{-1}$, což nebyl důvod dále se touto látkou zabývat), [77]
- **MCP** (nebo také mecoprop byl naměřen v prosinci 2015 pod hranicí 0,05 $\mu\text{g.l}^{-1}$ bez důvodu další detailnější analýzy látky). [78]

5.6 VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI ODSTRAŇOVÁNÍ PESTICIDŮ

Data pro naměřené pesticidní látky na konkrétní úpravě před samotnou rekonstrukcí nemám k dispozici z toho důvodu, že před rekonstrukcí koncentrace pesticidních látek zjišťovány vůbec nebyly. Rozbory se prováděly až od roku 2013, což znamená dva roky po rekonstrukci.

Bylo by zajímavé sledovat účinnost odstranění pesticidních látek s původní technologií a s novou technologií.

Co se týká PLC je jasné, že NMH vůbec překročena nebyla. V roce 2015 bylo naměřeno maximum na přítoku na úpravnu, konkrétně $0,29 \mu\text{g.l}^{-1}$ v lednu a na jejím odtoku byla za celý rok naměřena pouze jedna hodnota se zvýšením se od minima potřebného pro detekci měřicími zařízeními, a to $0,12 \mu\text{g.l}^{-1}$ naopak na konci srpna.

V roce 2016 PLC na odtoku z úpravní vůbec naměřeny nebyly. Taktéž klesly i hodnoty koncentrací na přítoku do úpravní. V surové vodě bylo opět stejně jako předchozí rok naměřeno maximum v lednu, ale takřka s poloviční hodnotou $0,15 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Rok 2017 je na tom co se týká PLC a upravené vody stejně jako rok 2016. V surové vodě ale byly naměřeny koncentrace sice nižší než v předchozím roce, za to byl naměřen stejný počet zvýšených koncentrací i přes méně měřících dnů. Zde bylo naměřeno maximum $0,22 \mu\text{g.l}^{-1}$ a to paradoxně v červnu. To by se dalo vysvětlit právě suchým letním obdobím v oblasti umístění úpravní vody.

Ve všech případech PLC byla dodržena NMH $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$ dána vyhláškou. To ale neplatí pro vybrané naměřené pesticidní látky.

V roce 2015, 2016 i v roce 2017 nejvyšší mezní hodnotu (NMH) jednotlivých PL $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ překročilo hned několik látek a některé i opakovaně a silně přes hranici i v upravené vodě.

V roce 2015 to byl například acetochlor ESA v upravené vodě, konkrétně s hodnotou $0,12 \mu\text{g.l}^{-1}$, který ale v následujících letech NMH $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ již nepřekročil.

Metazachlor ESA a metazachlor OA se v roce 2015 pohyboval v upravené vodě v maximálních hodnotách $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ a $0,12 \mu\text{g.l}^{-1}$. Metazachlor ESA překročil v roce 2016 a 2017 NMH v upravené vodě hned několikrát. V roce 2016 to bylo při každém měření s hodnotami od $0,24$ do $0,68 \mu\text{g.l}^{-1}$. V roce 2017 to bylo až na jednu výjimku taktéž pokaždé, rozptýl hodnot zde byl od $0,036$ do $0,43 \mu\text{g.l}^{-1}$. Snížení hodnot je zde oproti předešlému roku výrazné.

Metazachlor OA překročil NMH v roce 2016 například hned sedmkrát s maximální hodnotou $0,26 \mu\text{g.l}^{-1}$, v roce 2017 hned osmkrát s maximem $0,34 \mu\text{g.l}^{-1}$. To znamená, že snížení koncentrací je jasné, ale stále byly naměřeny jen tři měření, kdy NMH dodrženo bylo.

Alachlor například až do roku 2017 nepřekročil tuto hranici v upravené vodě vůbec. Dokonce v roce 2017 nebyla tato látka v upravené vodě naměřená vůbec jen s jedinou výjimkou na výstupu z úpravní s hodnotou $0,11 \mu\text{g.l}^{-1}$. To je, předpokládám, chyba v měření nebo záměně vzorků, protože tato látka naměřena nebyla ani v surové vodě během celého roku 2017.

Samozřejmě bylo analyzováno mnoho vzorků, konkrétně PLC a dalších 70 PL nebo jejich metabolitů. Žádný další ale kromě výše zmíněných NMH nepřekročil nebo jako ve většině případů těchto látek nebyly u nich koncentrace naměřené žádné, tj. žádnými přístroji pro analýzu zjistitelné.

Samozřejmě ale existují další stovky známých a zatím neznámých metabolitů, které měřeny nebyly a v dnešní době se s jejich rezidui ani nepočítá. Každým rokem jsou vyvíjeny další

pesticidy a stále jsou nalézány rezidua dávno zakázaných látek. Mnoho pesticidů také tvoří v kombinaci s dalšími chemickými látkami nové metabolity.

Pro určení přesné účinnosti technologie po rekonstrukci dané úpravy jsem musela použít pouze vybrané naměřené pesticidní látky s minimem odchylek od předpokládaného grafického znázornění. Pro PLC toto zpracování nebylo možné z toho důvodu, že na výstupu nebyly neměřeny koncentrace nad hranici měřitelnosti. Proto data na přítoku surové vody nebylo možné s žádnou hodnotou porovnat. Účinnost pro PLC je tedy stanovena pouze v několika dnech a v intervalu, který předpokládá nulovou hranici koncentrace PLC až po $0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$, což je spodní hranici měřitelnosti zařízení. Dny, které měly na přítoku surové vody i na odtoku z úpravy koncentrace stejné a to na hranici měřitelnosti, byly z posouzení účinnosti úplně odstraněny.

Tab. 5.6 Účinnost odstranění PLC v roce 2015

Datum odběru	Místo odběru	Pesticidní látky celkem [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	Účinnost odstranění PLC [%]
12/1/15	surová voda	0,29	65-100
12/1/15	upravená voda	0,10	
27/1/15	surová voda	0,16	36-100
27/1/15	upravená voda	0,10	
10/3/15	surová voda	0,13	22-100
10/3/15	upravená voda	0,10	
6/10/15	surová voda	0,21	52-100
6/10/15	upravená voda	0,10	
26/10/15	surová voda	0,11	9-100
26/10/15	upravená voda	0,10	
2/12/15	surová voda	0,13	23-100
2/12/15	upravená voda	0,10	

Tab. 5.7 Účinnost odstranění PLC v roce 2016

Datum odběru	Místo odběru	Pesticidní látky celkem [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	Účinnost odstranění PLC [%]
20/1/16	surová voda	0,15	33-100
20/1/16	upravená voda	0,10	
8/2/16	surová voda	0,14	29-100
8/2/16	upravená voda	0,10	

Tab. 5.8 Účinnost odstranění PLC v roce 2017

Datum odběru	Místo odběru	Pesticidní látka celkem [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	Účinnost odstranění PLC [%]
10/1/17	surová voda	0,11	9-100
10/1/17	upravená voda	0,10	
21/3/17	surová voda	0,15	33-100
21/3/17	upravená voda	0,10	
13/6/17	surová voda	0,22	55-100
13/6/17	upravená voda	0,10	

Pro PL jsem zpracovala pouze látky s typickým průběhem křivek koncentrací a naměřenými hodnotami také na výstupu z úpravně vody. Hlavně látky, které překračují NMH na výstupu nebo mají vyšší koncentrace v odtoku z úpravně. Vynechala jsem látky, které vykazují pravděpodobné chyby měření nebo zde chybí podstatné údaje z přítoku.

Metolachlor ESA

Tab. 5.9 Účinnost odstranění metolachloru ESA v roce 2015

Datum odběru	Místo odběru	Metolachlor ESA [$\mu\text{l.l}^{-1}$]	Účinnost odstranění PLC [%]
10/3/15	surová voda	0,069	61
10/3/15	upravená voda	0,027	
21/4/15	surová voda	0,073	66-100
21/4/15	upravená voda	0,025	
2/6/15	surová voda	0,061	59-100
2/6/15	upravená voda	0,025	
14/7/15	surová voda	0,071	65-100
14/7/15	upravená voda	0,025	
10/11/15	surová voda	0,064	23
10/11/15	upravená voda	0,05	

Tab. 5.10 Účinnost odstranění metolachloru ESA v roce 2016

Datum odběru	Místo odběru	Metolachlor ESA [$\mu\text{l.l}^{-1}$]	Účinnost odstranění PLC [%]
20/01/16	surová voda	0,060	25
20/01/16	upravená voda	0,045	
08/02/16	surová voda	0,077	36
08/02/16	upravená voda	0,049	
15/03/16	surová voda	0,049	49-100
15/03/16	upravená voda	0,025	

26/04/16	surová voda	0,080	23
26/04/16	upravená voda	0,062	
14/06/16	surová voda	0,081	36
14/06/16	upravená voda	0,052	
02/08/16	surová voda	0,120	44
02/08/16	upravená voda	0,067	
23/08/16	surová voda	0,078	35
23/08/16	upravená voda	0,051	
04/10/16	surová voda	0,045	31
04/10/16	upravená voda	0,031	
05/12/16	surová voda	0,051	12
05/12/16	upravená voda	0,045	

Tab. 5.11 Účinnost odstranění metolachloru ESA v roce 2017

Datum odběru	Místo odběru	Metolachlor ESA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
10/01/17	surová voda	0,047	6
10/01/17	upravená voda	0,044	
13/02/17	surová voda	0,048	6
13/02/17	upravená voda	0,045	
18/07/17	surová voda	0,038	34-100
18/07/17	upravená voda	0,025	

Metolachlor OA

Tab. 5.12 Účinnost odstranění metolachloru OA v roce 2015

Datum odběru	Místo odběru	Metolachlor OA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
10/3/15	surová voda	0,028	11-100
10/3/15	upravená voda	0,025	
2/6/15	surová voda	0,029	14-100
2/6/15	upravená voda	0,025	

Tab. 5.13 Účinnost odstranění metolachloru OA v roce 2016

Datum odběru	Místo odběru	Metolachlor OA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
26/04/16	surová voda	0,039	13
26/04/16	upravená voda	0,034	
14/06/16	surová voda	0,040	28

14/06/16	upravená voda	0,029	
02/08/16	surová voda	0,049	27
02/08/16	upravená voda	0,036	
23/08/16	surová voda	0,038	18
23/08/16	upravená voda	0,031	

Tab. 5.14 Účinnost odstranění acetochloru OA v roce 2015

Datum odběru	Místo odběru	Acetochlor ESA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
10/3/15	surová voda	0,096	64
10/3/15	upravená voda	0,035	
21/4/15	surová voda	0,096	69
21/4/15	upravená voda	0,030	
2/6/15	surová voda	0,081	63
2/6/15	upravená voda	0,030	
14/7/15	surová voda	0,099	64
14/7/15	upravená voda	0,036	
6/10/15	surová voda	0,150	47
6/10/15	upravená voda	0,079	
26/10/15	surová voda	0,079	11
26/10/15	upravená voda	0,070	
10/11/2015	surová voda	0,083	24
10/11/2015	upravená voda	0,063	
2/12/15	surová voda	0,09	39
2/12/15	upravená voda	0,05	

Tab. 5.15 Účinnost odstranění acetochloru OA v roce 2016

Datum odběru	Místo odběru	Acetochlor ESA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
20/01/16	surová voda	0,070	9
20/01/16	upravená voda	0,064	
08/02/16	surová voda	0,086	12
08/02/16	upravená voda	0,076	
15/03/16	surová voda	0,085	33
15/03/16	upravená voda	0,057	
26/04/16	surová voda	0,037	5
26/04/16	upravená voda	0,035	
02/08/16	surová voda	0,038	18
02/08/16	upravená voda	0,031	

Alachlor ESA

Tab. 5.16 Účinnost odstranění alachloru ESA v roce 2016

Datum odběru	Místo odběru	Alachlor ESA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
14/06/16	surová voda	0,073	25
14/06/16	upravená voda	0,055	
02/08/16	surová voda	0,076	46
02/08/16	upravená voda	0,041	
23/08/16	surová voda	0,067	63-100
23/08/16	upravená voda	0,025	
04/10/16	surová voda	0,034	26-100
04/10/16	upravená voda	0,025	
05/12/16	surová voda	0,077	6
05/12/16	upravená voda	0,072	

Tab. 5.17 Účinnost odstranění alachloru ESA v roce 2017

Datum odběru	Místo odběru	Alachlor ESA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
10/01/17	surová voda	0,066	62-100
10/01/17	upravená voda	0,025	
13/02/17	surová voda	0,097	30
13/02/17	upravená voda	0,068	
21/03/17	surová voda	0,052	27
21/03/17	upravená voda	0,038	
11/04/17	surová voda	0,070	9
11/04/17	upravená voda	0,064	
13/06/17	surová voda	0,074	5
13/06/17	upravená voda	0,070	
18/07/17	surová voda	0,059	20
18/07/17	upravená voda	0,047	

Metazachlor ESA

Tab. 5.18 Účinnost odstranění metazachloru ESA v roce 2015

Datum odběru	Místo odběru	Metazachlor ESA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
10/3/15	surová voda	0,800	60
10/3/15	upravená voda	0,320	
21/4/15	surová voda	0,780	64
21/4/15	upravená voda	0,280	

2/6/15	surová voda	0,710	55
2/6/15	upravená voda	0,320	
14/7/15	surová voda	0,620	53
14/7/15	upravená voda	0,290	
10/11/2015	surová voda	0,34	15
10/11/2015	upravená voda	0,29	

Tab. 5.19 Účinnost odstranění metazachloru ESA v roce 2016

Datum odběru	Místo odběru	Metazachlor ESA [$\mu\text{.l}^{-1}$]	Účinnost odstranění PLC [%]
20/01/16	surová voda	0,360	8
20/01/16	upravená voda	0,330	
08/02/16	surová voda	0,630	19
08/02/16	upravená voda	0,510	
15/03/16	surová voda	0,660	21
15/03/16	upravená voda	0,520	
26/04/16	surová voda	0,720	17
26/04/16	upravená voda	0,600	
14/06/16	surová voda	0,560	29
14/06/16	upravená voda	0,400	
02/08/16	surová voda	0,930	27
02/08/16	upravená voda	0,680	
23/08/16	surová voda	0,660	18
23/08/16	upravená voda	0,540	
04/10/16	surová voda	0,320	25
04/10/16	upravená voda	0,240	
05/12/16	surová voda	0,430	9
05/12/16	upravená voda	0,390	

Tab. 5.20 Účinnost odstranění metazachloru ESA v roce 2017

Datum odběru	Místo odběru	Metazachlor ESA [$\mu\text{.l}^{-1}$]	Účinnost odstranění PLC [%]
10/01/17	surová voda	0,380	3
10/01/17	upravená voda	0,370	
13/02/17	surová voda	0,420	19
13/02/17	upravená voda	0,340	
11/04/17	surová voda	0,370	3
11/04/17	upravená voda	0,360	
18/07/17	surová voda	0,380	91
18/07/17	upravená voda	0,036	

Metazachlor OA

Tab. 5.21 Účinnost odstranění metazachloru OA v roce 2015

Datum odběru	Místo odběru	Metazachlor OA [μI^{-1}]	Účinnost odstranění PLC [%]
21/4/15	surová voda	0,14	40
21/4/15	upravená voda	0,084	
2/12/15	surová voda	0,11	59
2/12/15	upravená voda	0,045	

Dle výše uvedených tabulek je zřejmé, že interval účinnosti je pestrý. Je nutné také uvést, že účinnost technologie závisí na několika faktorech, které mohou mít vliv na odstraňování pesticidních látek. Může jít o vnější vliv, jako nárazové znečištění zdroje pitné vody, snížení nebo zvýšení průtoků na úpravnu. Na samotné úpravně může odstraňování PL ovlivňovat kvalita GAU, délka jeho používání, technologie praní a čištění GAU, četnost výměny náplně nebo průtoková rychlost filtry.

Závěrem lze konstatovat, že PLC jsou odstraněny technologií dostatečně, ale některými pesticidními látkami se bude muset provozovatel dále detailněji zabývat. Vhodné bude průběžně analyzovat data také graficky, hlavně z důvodu nutnosti v některých případech kontroly analyzovaných vzorků a nové analýzy. To hlavně v případech, kde byla naměřena koncentrace jednotlivých pesticidů vyšší na odtoku z úpravny než na vstupu v surové vodě. Z logického hlediska by to znamenalo, že technologie úpravy vody navýší koncentrace PL.

Dále by bylo vhodné provádět odběry vzorků v jeden den, hlavně pro přehlednost dat. Nebude pak nutné některé data izolovat nebo předpokládat průběh dat v nenaměřených situacích.

V budoucnu bude nutné se také dále zabývat pesticidními látkami, které překračují NMH a dále sledovat nové trendy v chemickém průmyslu.

6 ZÁVĚR

V rámci DP byla posouzena účinnost vodárenských procesů konkrétní úpravny vody na odstraňování PL. Pro toto posouzení byly použity data poskytnutá VAS, a.s. za rok 2015, 2016 a 2017.

Na úvod práce jsem blíže popsala problematiku znečišťujících látek ve zdrojích vody. Dále byly blíže specifikovány pesticidy, jejich rozdělení dle několika faktorů a blíže popsány jejich účinky, toxicita, aplikace anebo použití.

Dále jsem se v rámci práce zabývala technologií odstraňování pesticidů z vody včetně detailního popisu jednotlivých technologií. Popsány zde byly například filtrace na aktivním uhlí, nanofiltrace, reverzní osmóza a pokročilé oxidační procesy.

V další kapitole bylo seznámení s konkrétní úpravnou vody, pro kterou se analýza jednotlivých vzorků prováděla. Byla popsána technologie rekonstrukce dané úpravny a parametry před i po rekonstrukci. Ve stejné kapitole jsem se zabývala také měřením pesticidních látek.

Největší část práce bylo vyhodnocení podkladů poskytnutými VAS. Dá se říci, že jsem podklady rozdělila do tří skupin. Vyhodnoceny na úvod byly pesticidní látky celkem (PLC), pak nejrozsáhlejší část byla tvořena vybranými naměřenými PL a nakonec jsem povrchově popsala několik vybraných nenaměřených PL, které naměřeny nebyly, ale shledala jsem za důležité v této problematice je alespoň zmínit.

V závěru samotné práce byla mnou vyhodnocena účinnost odstraňování těchto látek, vyhodnocení PLC, popsány problematické látky, zmíněny pravděpodobné chyby včetně zdůvodnění některých anomálií v měřeních a doporučení pro další postup.

Při studiu jsem mohla prostudovat velice zajímavé materiály s touto problematikou. Je například velmi zajímavé, jak je tento aspekt znečištění mikropolutanty relativně málo znám veřejnosti a řešen.

Například VAS, a.s. sleduje tyto pesticidní látky ve zdroji a na výstupu do systému pro zásobování pitnou vodou dobrovolně a z vlastní iniciativy. Dodnes neexistuje žádný zákon, vyhláška nebo nařízení, který by musel každý provozovatel dodržovat z hlediska kontroly a monitoringu na vodárenských systémech.

Doufám, že v budoucnu bude tato problematika dále rozvíjena a řešena. Hlavně z toho důvodu, že některé látky jsou opravdu velmi nebezpečné a u většiny z nich není znám ani dlouhodobý vliv na lidský organismus a ekosystém.

Celkově bylo vypracování této diplomové práce pro mě osobně velkým přínosem z hlediska získání širšího přehledu v tomto oboru. Práce byla velkým rozšířením znalostí s návazností na mou bakalářskou práci na téma: Použití terciálního stupně při úpravě vody. V rámci DP byla totiž posouzena technologie s terciálním stupněm úpravy vody z hlediska odstraňování pesticidních látek.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HLAVÍNEK, Petr; ŘÍHA, Jaromír. Jakost vody v povodí. 1. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004. 209 s. ISBN 80-214-2815-5.
- [2] PITTER, Pavel. Hydrochemie. 4. vydání. Praha: VŠCHT Praha, 2009. 568 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [3] CRITTENDEN, John, et al. Water Treatment: Principles and Design. 2nd Edition. John Wiley and Sons, 2005. 1948 p. ISBN 0-471-11018-3.
- [4] HERKA, Milan. Monitoring obsahu fosforu a dusíku v odpadních vodách [online]. Brno, 2014. [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=81728. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně Fakulta chemická. Vedoucí práce Prof. RNDr. Milada Vávrová, CSc.
- [5] Přístup IAWR k aplikaci kalů z ČOV na zemědělské pozemky. SOVAK. 2007, 2007(11), 9-12.
- [6] Vyhláška č. 83/2014 Sb.: Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů., částka 34/2014. Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-83>
- [7] BARÁK, František. Stanovisko oborového sdružení SOVAK ČR k poskytování odborných posudků – hodnocení zdravotního rizika pro nerelevantní metabolity pesticidů. SOVAK. 2014, 2014(9).
- [8] ŠUTA, Miroslav. Chemické látky v životním prostředí a zdraví. 1. Brno, 2008. ISBN 978-80-87308-00-4.
- [9] MLADĚNKA, Přemysl. Acetylcholin [přednáška k předmětu Farmakologie, obor Farmacie, Farmaceutická fakulta Univerzita Karlova]. Hradec Králové. duben 2011. seminář z farmakologie.
- [10] Neschválené biocidní účinné látky. Ministerstvo zdravotnictví České republiky [online]. 2016. [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/dokumenty/neschvalene-biocidni-ucinne-latky_11399_1097_5.html
- [11] HOLOUBEK, Ivan. Chemie životního prostředí III: Pedosféra - zemědělství a pesticidy, přednáška. In: [Www.recetox.muni.cz](http://www.recetox.muni.cz) [online]. Masarykova universita Brno [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: www.recetox.muni.cz
- [12] Med s příchutí pesticidů. Čti doma: Zprávy ze středních Čech [online]. 2016 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://www.ctidoma.cz/zpravodajstvi/2016-10-23-med-s-prichuti-pesticidu-27061>

- [13] SUCHARDA, Martin a Vojtěch KOTECKÝ. Rizika pesticidů s endokrinními účinky: srovnání přístupů a řešení v České republice a Německu. Hnutí Duha, 2003 [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://www.wolf.sk/dok/pesticidy/edpesticidy.pdf>
- [14] LEITNER, Lukáš. Fungicidy. In: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích: Katedra rostlinné výroby a agroekologie [online]. České Budějovice. [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://rl.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-fungicidy-c8bac3b5b1.pdf>
- [15] KRÍSTKOVÁ, Eva. Aplikovaná botanika BOT/ABP. Olomouc, 2010. Dostupné také z: <http://old.botany.upol.cz/prezentace/kristkova/ABP4.pdf>. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky.
- [16] FUSEK, Josef a Vladimír MĚRKA. Nebezpečné herbicidy. Vojenské zdravotnické listy [online]. Hradec Králové: Vojenská lékařská akademie J. E. Purkyně v Hradci Králové, 2003, 72(6), 262-269. [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: http://www.pmfhk.cz/VZL/VZL6_2003/03.pdf
- [17] KRÍSTKOVÁ, Eva. Aplikovaná botanika BOT/ABP. Olomouc, 2010. Dostupné také z: <http://old.botany.upol.cz/prezentace/kristkova/ABP4.pdf>. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky.
- [18] DENT, David. Insect pest management [online]. Wellington, UK: CABI Pub., 2000. [cit. 2017-11-12]. Dostupné také z: <https://www.embrapa.br/documents/1344498/2767889/insect-pest-management.pdf/314d8a03-c54e-4e90-a320-37ca1ad77aeb>
- [19] Arboristika pro zaměstnance: Zoocidy. Arboristika [online]. 2015. [cit. 2017-11-12]. Dostupné z: <http://www.e-arboristika.cz/4432-zoocidy>
- [20] KOŘÍNKOVÁ, Petra. Stanovení vybraných pesticidů a jejich metabolitů technikou LC/MS [online]. Praha, 2011. Dostupné také z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/100590/>. Diplomová práce. Univerzita Karlova - Přírodovědecká fakulta.
- [21] HRDLÍČKA, Aleš, Jiří DŘÍMAL a Jaroslav ŠEPS. Odstranění triazinových herbicidů z pitné vody. Vodní hospodářství. 2010(3), 51-52.
- [22] HONZAJKOVÁ, Zuzana, Eva PODHOLOVÁ, Tomáš PATOČKA a Martin PODHOLA. Využití nanofiltrace a ultrafiltrace k úpravě vody na vodu pitnou. In: Sborník konference Pitná voda 2010 [online]. České Budějovice, 2010, s. 107-112 [cit. 2017-11-12]. ISBN 978-80-254-6854-8. Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/files/konference/2010/PV2010%20sbornik/19-Honzajkova.pdf>
- [23] Membránové procesy. Asio [online]. Dostupné z: www.asio.cz/cz/membranove-procesy.
- [24] BENEŠ, O.; BARTOŠ L. Aktivní uhlí a možnosti odstraňování mikropolutantů. [online]. [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: http://www.voda-forum.cz/prezentace/zakaznici/vodaforum/dokumenty/pdf/f56_30-04-bartos.pdf

- [25] KOVAČÍKOVÁ, Kristýna. Použití terciálního stupně při úpravě vody. Brno, 2015. 56 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Renata Biela, Ph.D.
- [26] Reverzní osmoza. AQUATERM, s.r.o. [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <http://upravavyody.eu/uprava-vody/reverzni-osmosa/>
- [27] ČS ASOCIACE VODÁRENSKÝCH EXPERTŮ. Stanovisko ČS Asociace vodárenských expertů k používání přístrojů na principu reverzní osmózy na doúpravu pitné vody v domácnostech. In: Wwv.csave.cz [online]. Praha, 2001. [cit. 2017-12-10] Dostupné z: <http://www.csave.cz/files/nazory/stanovisko1.pdf>
- [28] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, částka 82/2004.
- [29] KOŽÍŠEK, František. Zdravotní rizika pití demineralizované vody. Praha, 2000. Studie. Státní zdravotní ústav v Praze. [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <http://www.vak.cz/soubory/demivod.pdf>
- [30] Reverzní osmóza. Asio, spol. s r.o. [online]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/reverzni-osmoza>
- [31] NEČESAL, Stanislav. Vodní hospodářství v klasických tepelných elektrárnách [online]. 2014. [cit. 2017-12-10]. Dostupné také z: [https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/12230/BP_-_Stanislav_Necosal_\(Vodni_hospodarstvi_v_klasickych_TE\)-_konecna_verze.pdf?sequence=1](https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/12230/BP_-_Stanislav_Necosal_(Vodni_hospodarstvi_v_klasickych_TE)-_konecna_verze.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická.
- [32] HARSOFT. Prodejní portál firmy HARSOFT[online]. [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: <http://www.harsoft.cz>
- [33] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. Chemie a technologie vody. 2., dopl. vyd. Brno: ARDEC, c2006. ISBN 80-860-2050-9.
- [34] OLŠAN, Pavel. Pokročilé oxidační procesy v enviromentálních aplikacích. České Budějovice, 2013, 44 s. Dostupné také z: http://theses.cz/id/20ank5/dp_olsan.pdf. Diplomová práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce Ing. Marta Horáková, Ph.D.
- [35] MALLEY, J.P. jr. Advanced Oxidation Process Basics and Emerging Applications in Water Treatment [online]. USA: 2007 World Congress on Ozone and UV Technologies, 2007. [cit. 2017-12-14] Dostupné také z: <https://www.yumpu.com/en/document/view/53955169/pokrocile-oxidacni-procesy-aop/6>
- [36] BENEŠ, Jiří. Pokročilé oxidační procesy - AOP. In: Sborník konference Pitná voda 2008 [online]. České Budějovice: W&ET Team, 2008, s. 135-140 [cit. 2017-01-04]. ISBN 978-80-254-2034-8. [cit. 2017-12-14] Dostupné z: <http://www.wet-team.cz/files/konference/2008/PV%20Tabor/20-Benes.pdf>

- [37] DUŠEK, Libor. Čištění odpadních vod chemickou oxidací hydroxylovými radikály. In: Chemické Listy [online]. 104. 2010, s. 846-854. [cit. 2017-12-14] Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2010_09_846-854.pdf
- [38] ALS Pesticidy. In: Katalog ALS [online]. 2015: ALS Czech republic, 2015, s. 25 [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <https://www.alsglobal.cz/media-cz/pdf/pesticidy-2015.pdf>
- [39] Chlortoluron. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Chlortoluron>
- [40] CHLORTOLURON 500 SC. AgriStar – agrochemicals s.r.o.[online]. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://www.agristar.cz/cz/pripravky/herbicity/85/chlortoluron-500-sc>
- [41] Chlortoluron 500 SC. In: Bezpečnostní list [online]. AgriStar – agrochemicals, 2017, s. 1-12 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://www.agristar.cz/cz/pripravky/herbicity/85/chlortoluron-500-sc>
- [42] Isoproturon. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/Isoproturon>
- [43] HAVEL, Milan a Petr VÁLEK. Isoproturon. In: Arnika [online]. Praha: Arnika, 2014 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/isoproturon>
- [44] Terbutylazine. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/wiki/Terbuthylazin>
- [45] Pasporty: Pasport látky terbutylazin. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3287779&mf=2>
- [46] Pasporty: Pasport látky metolachlor ESA. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3313523>
- [47] Pasporty: Pasport látky metolachlor OA. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3313519>
- [48] Metolachlor-ESA: Soil leaching and spring water contamination by metolachlor-ESA in the Luxembourg Sandstone. In: ENVIRONMENT PROJECT [online]. Lucembursko: LUXEMBOURG INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2015 [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <https://www.list.lu/en/research/project/metolachlor-esa/>
- [49] FARLIN, JULIEN. Metolachlor Degradates. Drinking Water Treatability Database [online]. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2007 [cit. 2017-

- 12-05]. Dostupné z:
<https://iaspub.epa.gov/tdb/pages/contaminant/contaminantOverview.do>
- [50] Pasporty: Pasport látky acetochlor ESA. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3313512>
- [51] EXTTOXNET: Extension Toxicology Network: Acetochlor Pesticide Management Education Program: Cornell University [online]. New York, 1996 [cit. 2018-01-02]. Dostupné z: <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/exttoxnet/24d-captan/acetochlor-ext.html>
- [52] Pasporty: Pasport látky alachlor ESA. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3328015>
- [53] Pasporty: Pasport látky alachlor OA. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3313516>
- [54] HAVEL, Milan a Petr VÁLEK. Isoproturon. In: Arnika [online]. Praha: Arnika, 2014 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/alachlor>
- [55] Pasporty: Pasport látky metazachlor ESA. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3287695>
- [56] Pasporty: Pasport látky metazachlor OA. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=4635832&mf=10>
- [57] MIKULICOVÁ, Petra. Analytické metody pro studium obsahu herbicidů v půdě. Brno, 2011, 83 s. Dostupné také z:
https://is.muni.cz/th/211567/prif_m/DIPLOMOVA_PRACE.txt. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Doc. RNDr. Zdeněk Šimek, CSc.
- [58] Pasporty: Pasport látky atrazin 2-hydroxy. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z:
<http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?css=arrow&seq=3313481>
- [59] Atrazin. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-18]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Atrazin>
- [60] TROJAN, Marek. Bioakumulace současně používaných pesticidů pro žížaly. Brno, 2017. Dostupné také z:
https://is.muni.cz/th/423702/prif_b/bakalarska_prace._Marek_Trojan_pdf.pdf. Bakalářská práce. Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita. Vedoucí práce Doc. RNDr. Jakub Hofman, Ph.D.
- [61] PARATHION. In: IPCS, International Programme on Chemical Safety [online]. Kanada: INCHEM, Chemical Safety Information from Intergovernmental

- Organizations, 2004 [cit. 2018-01-1]. Dostupné z: <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0006.htm>
- [62] The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard: Guidelines to Classification 2009. In: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data [online]. 1st: World Health Organization, 2009, s. 81 [cit. 2018-01-11]. ISBN 978 92 4 154796 3. ISSN 1684-1042. Dostupné z: http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf
- [63] METHYL PARATHIO. In: The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [online]. Atlanta, USA: Centers for Disease Control and Prevention, 2011 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/niosh/pel88/298-00.html>
- [64] KEPONE. In: The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [online]. Atlanta, USA: Centers for Disease Control and Prevention, 2011 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0365.html>
- [65] Carbendazim. In: Molecule of the Week [online]. Washington DC, USA: American Chemical Society, 2011 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <https://www.acs.org/content/acs/en/molecule-of-the-week/archive/c/carbendazim.html>
- [66] Akris. In: EAGRI [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2017 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Detail.aspx?id=30503>
- [67] EXTOTOXNET: Extension Toxicology Network: Pendimethalin Pesticide Management Education Program: Cornell University [online]. New York, 1993, [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extotoxnet/metiram-propoxur/pendimethalin-ext.html>
- [68] Agricultural Pesticide Use and Pancreatic Cancer Risk in the Agricultural Health Study Cohort. In: International journal of cancer [online]. Rockville Pike, Maryland, USA: National Institutes of Health, 2009, s. 10 [cit. 2018-01-11]. ISSN 1097-0215. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2674312/>
- [69] Prochloraz E 450. In: EAGRI [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2017 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Detail.aspx?id=23213>
- [70] Prochloraz: an imidazole fungicide with multiple mechanisms of action. US National Library of Medicine: National Institutes of Health [online]. Søborg, Dánsko: National Center for Biotechnology Information, 2006 [cit. 2018-01-2]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16466539>
- [71] PETRLÍK, Jiří a Petr VÁLEK. Chloropyrifos. In: Arnika [online]. Praha: Arnika, 2014 [cit. 2017-12-28]. Dostupné z: <http://arnika.org/chloropyrifos>
- [72] TEBUKONAZOL 250 EW. In: EAGRI [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2017 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: eagri.cz/public/app/srs_pub/pp_public/rpg10a_util.download_ii?xid=10299
- [73] PESTICIDY. In: LIFE2WATER [online]. Brno: Aqua Procon, 2014 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://www.life2water.cz/zneistenichemicals.html>

- [74] Simazin. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung [online]. Sankt Augustin, Německo: GESTIS-Stoffdatenbank [cit. 2018-01-1]. Dostupné z: [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/530126.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/530126.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0)
- [75] Pasporty: Pasport látky hexazinon. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2018-01-03]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3287656&mf=2>
- [76] Pasporty: Pasport látky quinmerac. Český hydrometeorologický ústav [online]. 2017 [cit. 2018-01-03]. Dostupné z: <http://hydro.chmi.cz/pasporty/pasport.php?seq=3287765&mf=1>
- [77] REPEŠ, Kamil a Petr VÁLEK. MCPA. In: Arnika [online]. Praha: Arnika, 2014 [cit. 2018-01-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/kyselina-4-chlor-2-methylfenoxyoctova-mcpa>
- [78] EXTOTOXNET: Extension Toxicology Network: Mecoprop, Pesticide Information Profiles: Cornell University [online]. New York, 1996 [cit. 2018-01-02]. Dostupné <http://extoxnet.orst.edu/pips/mecoprop.htm>

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Nejvyšší mezní hodnota pro pesticidní látky [6]	9
Tab. 3.2 Seznam zveřejněných neschválených biocidních látek v posledních letech [10]	11
Tab. 4.1 Procesy dle velikosti membrán [23]	19
Tab. 4.2 Účinnost odstranění vybraných látek RO [32]	23
Tab. 5.1 Tabulka hodnot koncentrace naměřených PLC na konkrétní úpravně za rok 2015 ..	29
Tab. 5.2 Tabulka hodnot koncentrace naměřených PLC na konkrétní úpravně za rok 2016 ..	30
Tab. 5.3 Tabulka hodnot koncentrace naměřených PLC na konkrétní úpravně za rok 2017 ..	31
Tab. 5.4 Vybrané PL v roce 2016	35
Tab. 5.5 Vybrané PL v roce 2017	36
Tab. 5.6 Účinnost odstranění PLC v roce 2015	62
Tab. 5.7 Účinnost odstranění PLC v roce 2016	62
Tab. 5.8 Účinnost odstranění PLC v roce 2017	63
Tab. 5.9 Účinnost odstranění metolachloru ESA v roce 2015	63
Tab. 5.10 Účinnost odstranění metolachloru ESA v roce 2016	63
Tab. 5.11 Účinnost odstranění metolachloru ESA v roce 2017	64
Tab. 5.12 Účinnost odstranění metolachloru OA v roce 2015	64
Tab. 5.13 Účinnost odstranění metolachloru OA v roce 2016	64
Tab. 5.14 Účinnost odstranění acetochloru OA v roce 2015	65
Tab. 5.15 Účinnost odstranění acetochloru OA v roce 2016	65
Tab. 5.16 Účinnost odstranění alachloru ESA v roce 2016	66
Tab. 5.17 Účinnost odstranění alachloru ESA v roce 2017	66
Tab. 5.18 Účinnost odstranění metazachloru ESA v roce 2015	66
Tab. 5.19 Účinnost odstranění metazachloru ESA v roce 2016	67
Tab. 5.20 Účinnost odstranění metazachloru ESA v roce 2017	67
Tab. 5.21 Účinnost odstranění metazachloru OA v roce 2015	68

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Eutrofizace vod – vodní květ [4].....	8
Obr. 3.1 Práškovací letadlo rozptylující pesticidy [12].....	12
Obr. 3.2 Hnojiva s herbicidy [zdroj: vlastní]	15
Obr. 4.1 Membránové separační procesy a jejich filtrační spektrum [22].....	19
Obr. 4.2 Aktivní uhlí ve třech strukturálních typech [25].....	21
Obr. 4.3 Schéma procesu reverzní osmózy [25]	22
Obr. 4.4 Trubicové moduly pro RO [29]	24
Obr. 4.5 Rozdělení AOP [34].....	25
Obr. 5.1 Blokové schéma úpravy vody po rekonstrukci	28
Obr. 5.2 Koncentrace PLC v roce 2015	32
Obr. 5.3 Koncentrace PLC v roce 2016	32
Obr. 5.4 Koncentrace PLC v roce 2017	33
Obr. 5.5 Chemický vzorec chlortoluronu [39]	37
Obr. 5.6 Koncentrace chlortoluronu roce 2016.....	38
Obr. 5.7 Koncentrace chlortoluronu v roce 2017	38
Obr. 5.8 Chemický vzorec isoproturonu [42]	39
Obr. 5.9 Koncentrace isoproturonu v roce 2016	40
Obr. 5.10 Chemický vzorec terbuthylazinu [44].....	40
Obr. 5.11 Koncentrace terbuthylazinu v roce 2016	41
Obr. 5.12 Koncentrace terbuthylazinu v roce 2017	41
Obr. 5.13 Chemický vzorec metolachloru ESA [46]	42
Obr. 5.14 Chemický vzorec metolachloru OA [47]	42
Obr. 5.15 Koncentrace metolachloru ESA v roce 2015	44
Obr. 5.16 Koncentrace metolachloru ESA v roce 2016.....	44
Obr. 5.17 Koncentrace metolachloru ESA v roce 2017	45
Obr. 5.18 Koncentrace metolachloru ESA s redukcí dat v roce 2017	45
Obr. 5.19 Koncentrace metolachloru OA v roce 2016.....	46
Obr. 5.20 Chemický vzorec acetochloru ESA [50].....	46
Obr. 5.21 Koncentrace acetochloru ESA v roce 2015	47
Obr. 5.22 Koncentrace acetochloru ESA v roce 2016	48
Obr. 5.23 Koncentrace acetochloru ESA s redukcí dat v roce 2016.....	48
Obr. 5.24 Koncentrace acetochloru ESA v roce 2017	49
Obr. 5.25 Chemický vzorec alachloru ESA [52]	49

Obr. 5.26 Chemický vzorec alachloru OA [53]	49
Obr. 5.27 Koncentrace alachloru ESA v roce 2016	50
Obr. 5.28 Koncentrace alachloru ESA v roce 2017	51
Obr. 5.29 Koncentrace alachloru OA v roce 2017	51
Obr. 5.30 Chemický vzorec metazachloru ESA [55]	52
Obr. 5.31 Chemický vzorec metazachloru OA [56]	52
Obr. 5.32 Koncentrace metazachloru ESA v roce 2015	53
Obr. 5.33 Koncentrace metazachloru ESA s redukcí dat v roce 2015	53
Obr. 5.34 Koncentrace metazachloru ESA v roce 2016	54
Obr. 5.35 Koncentrace metazachloru ESA v roce 2017	54
Obr. 5.36 Koncentrace metazachloru ESA s redukcí dat v roce 2017	55
Obr. 5.37 Koncentrace metazachloru OA v roce 2015	55
Obr. 5.38 Koncentrace metazachloru OA v roce 2016	56
Obr. 5.39 Koncentrace metazachloru OA s redukcí dat v roce 2016	56
Obr. 5.40 Koncentrace metazachloru OA v roce 2017	57
Obr. 5.41 Koncentrace metazachloru OA s redukcí dat v roce 2017	57
Obr. 5.42 Chemický vzorec atrazine (skupina hydroxy) [58]	58
Obr. 5.43 Koncentrace atrazine-hydroxy v roce 2017	59

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

DP ...	diplomová práce
EPA ...	U.S. Environmental Protection Agency (Agentura pro ochranu životního prostředí USA)
USA ...	United States of America (Spojené státy americké)
PCB ...	polychlorované bifenyly
THM ...	trihalogenmethan
PAL ...	povrchově aktivní látky
pH ...	vodíkový exponent; záporný dekadický logaritmus koncentrace kationtů [-]
IAWR ...	Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet (Mezinárodní pracovní sdružení vodárenských společností povodí Rýna)
Sb. ...	Sbírka zákonů
NMH ...	nejvyšší mezní hodnota (dle vyhlášky č. 252/2004 Sb.)
μ ...	řecké písmeno mí; předpona soustavy jednotek (mikro)
SOVAK ...	Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR
WHO ...	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)
ČR ...	Česká republika
IARC ...	International Agency for Research on Cancer (Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny)
DDT ...	dichlordifenyiltrichlorethan
DDE ...	dichlordifenyldichlorethen
DDD ...	dichlordifenyldichlorethan
GAU ...	granulované aktivní uhlí
UV ...	ultrafialové záření
RO ...	reverzní osmóza
AOP ...	Advanced Oxidation Processes (pokročilé oxidační procesy)
O ₃ ...	chemická značka ozonu
H ₂ O ₂ ...	chemická značka peroxidu vodíku
CAT ...	catalyst (katalyzátor)
Fe ²⁺ ...	chemická značka pro železnatý kationt
TiO ₂ ...	chemická značka pro oxid titaničitý
ÚV ...	úpravna vody

ECD ...	detektor elektronového záchytu
MS ...	hmotnostní detector (spektometr)
LC ...	kapalinová chromatografie
PLC ...	pesticidní látky celkem
VAS ...	Vodárenská Akciová Společnost
EU ...	Evropská unie
ESA ...	derivát karboxylové kyseliny
OA ...	derivát sulfonové kyseliny
PL ...	pesticidní látky

SUMMARY

Diploma thesis deals with assessing of effectiveness removing pesticides of reconstructed water treatment plant. In the introduction will be made a short research focused on pesticides, their getting into sources of drinking water and possibilities their removing by water supply processes.

In the introduction, I have described the issue of pollutants in water sources. Further, pesticides have been specified, divided to several factors, and their effects, toxicity, application and use.

In the next part of my work, I also dealt with the technology of pesticide removal from water, including a detailed description of individual technologies. Described here are, for example, activated carbon filtration, nanofiltration, reverse osmosis, and advanced oxidation processes.

In the next chapter, I was introduced to the specific water treatment for which the analysis of individual samples was carried out. The technology of reconstruction of the water treatment and the parameters before and after the reconstruction were described. In the same chapter, I also looked at the measurement of pesticides.

The largest part of the work was the evaluation of the documents provided by the operator of water infrastructure. It can be said that I divided the documents into three groups. Firstly, the total pesticidal substances were evaluated, the largest part was made up of selected pesticide substances and finally I described a few selected non-measurable pesticide substances that were not measured, but I found it important to mention at least in this issue.

At the end of the work, the effectiveness of the removal of these substances, the total pesticidal substances evaluation, the problematic substances, the probable errors, including the justification of some anomalies in the measurements and the recommendations for the next procedure, were evaluated.